

Neue Bezeichnung: INSTITUT FÜR BAUSTOFFE, MASSIVBAU UND BRANDSCHUTZ
INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG
DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. K. KORDINA · PROF. DR.-ING. F. S. ROSTÁSY

Haftfestigkeit brandschutztechnisch wirksamer Putzbekleidungen
auf Stahl und Beton

Bericht erstattet
von
Dr.-Ing. J. Steinert
1980

BIBLIOTHEK
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

Die Untersuchungen wurden im Auftrag und mit finanzieller Unterstützung des Innenministers des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt: Az.: VB 1 - 72.02 - 98/77

I n h a l t

1. Allgemeines
2. Anforderungen an die Haftzugfestigkeit
 - 2.1 Eigengewicht und Zugfestigkeit
 - 2.2 Biegezugfestigkeit
 - 2.3 Scherfestigkeit
3. Durchführung der Untersuchungen
 - 3.1 Voruntersuchungen
 - 3.2 Hauptuntersuchungen
 - 3.3 Mechanische Vorbeanspruchung
 - 3.4 Prüfung der Haftzugfestigkeit
4. Meßergebnisse
 - 4.1 Bruchverhalten der Putze
 - 4.2 Numerische Auswertung der Meßwerte
5. Untersuchungsergebnisse
 - 5.1 Wertebereich der Haftzugfestigkeit
 - 5.2 Notwendigkeit einer objektiven Prüfung der Haftzugfestigkeit
 - 5.3 Notwendigkeit einer mechanischen Vorbeanspruchung
 - 5.4 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse
6. Anforderungen an die Haftzugfestigkeit von Brandschutzputzen

Vorbemerkung: In diesem Bericht wird - je nach Ausgang der Haftprüfung - unterschieden zwischen

Haftfestigkeit: Putz löst sich vom Putzgrund (Trägerbaustoff oder Haftvermittler oder Spritzputz) ohne Bruch im Putz

Haftzugfestigkeit: Putz löst sich beliebig, insbesondere auch mit einer durch mehrere Schichten verlaufenden Bruchfläche

Zugfestigkeit: Bruchfläche verläuft nur im Putz

Kurzfassung des Abschlußberichtes.

Forschungsthema:

Haftfestigkeit brandschutztechnisch wirksamer
Putzbekleidungen auf Stahl und Beton

Forschende Stelle:

Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
Beethovenstraße 52, 3300 Braunschweig

Datum der Vergabe:

02. August 1977

1. Ziel der Untersuchung.

Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Beurteilung der
ausreichenden Haftung brandschutztechnisch wirksamer
Putzbekleidungen auf Stahl und auf Beton

Prüfung des Einflusses einer statischen oder dynamischen
Beanspruchung geputzter Stahl- oder Betonplatten auf
die Haftzugfestigkeit

Formulierung von Vorschlägen (Richtwerten) für die
Beurteilung der Haftzugfestigkeit von Putzbekleidungen

2. Ergebnis der Untersuchung.

Die Haftzugfestigkeit von elf praxisüblich angebrachten Brandschutzputzen und einer plattenartigen Bekleidung auf ebenen 5 mm dicken Stahlblechen (2 verschiedene Korrosionsschutzbeschichtungen), sendzimirverzinkten Trapezblechen mit 1,25 mm Blechdicke (Profil FI 40/183) und 80 mm dicken Stahlbetonplatten (2 verschiedene Schalungs-Trennmittel) wurde vor und nach mechanischen Beanspruchungen geprüft. Anschließend wurden die etwa 1 oder 2 m² großen Versuchsplatten einem Kleinbrandversuch unterworfen.

Hinsichtlich der Haftzugfestigkeit wurden u.a. folgende Ergebnisse erzielt:

- Die Streuung von Einzelergebnissen der Haftzugfestigkeit auf verschiedenen praxisgerecht "über Kopf" geputzten Versuchsplatten ist so groß, daß Einflüsse aus einer statischen oder dynamischen Vorbeanspruchung weitgehend überdeckt werden.
- Bei Verwendung geeigneter Trennmittel für die Betonschalung kann mit einem Spritzbewurf auch auf ebenen, glatten Betonflächen eine gute Haftung gewährleistet werden.
- Bei Verwendung des hier gewählten Schälwachses als Trennmittel kann die Haft-sicherheit erheblich gestört werden.
- Korrosionsschutzbeschichtungen der untersuchten Art beeinflussen die Haftung nicht in erkennbarem Maße. Die Haftung von Brandschutzputzen auf sendzimirverzinkten Trapezblechen ist im allgemeinen geringer als auf ebenen Stahlblechen.
- Bei Mineralfaserspritzputzen ist die Haftfestigkeit am Putzgrund immer höher als ihre Zugfestigkeit.

Aufgrund allgemeiner Überlegungen ist zu fordern:

- Haftzugfestigkeit vollflächig haftender biegeweicher Putze gegen Abfallen unter Eigengewicht, je nach Rohdichte und maximaler Putzdicke: $0,4 \leq \beta_H \leq 20 \text{ mN/mm}^2$
- Haftfestigkeit bzw. Scherfestigkeit dicker Putzschichten auf dünnen Putzträgern gegen Ablösung unter Biegebeanspruchungen, je nach Elastizitätsmodule, Dicken von Putz und Putzträger sowie Querkraft: $1 \leq \beta_H \leq 50 \text{ mN/mm}^2$
- Biegezugfestigkeit zum Hohlliegen neigender, biegesteifer Putze gegen Abfallen unter Eigengewicht, je nach Rohdichte, maximaler Putzdicke und Randbedingungen: $0,5 \leq \beta_{BZ} \leq 6 \text{ N/mm}^2$

3. Folgerungen aus den Untersuchungsergebnissen.

3.1 Welche Empfehlungen können für die weitere Normungsarbeit bzw. hinsichtlich Ergänzung oder Änderung bestehender Normen, Richtlinien und dgl. gegeben werden ?

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse werden Richtwerte für die Haftzugfestigkeit unter Bezug auf das angewandte Prüfverfahren wie folgt vorgeschlagen:
Der Mittelwert von sechs Proben darf nicht unter dem 0,5 bis 0,8 - fachen Mittelwert der drei Proben mit der höchsten Haftzugfestigkeit liegen. Örtlich begrenzte haftungsfreie Bereiche sind hierbei aber nur dann zulässig, wenn die o.g. Anforderungen an die Biegezugfestigkeit erfüllt sind.

3.2 Erscheinen weitere Arbeiten zur Abklärung offengebliebener Fragen, die mit den durchgeführten Untersuchungen im Zusammenhang stehen, erforderlich und welche Arbeiten sind besonders vorrangig ?

Die Fortführung der Untersuchungen ist notwendig und geplant; im einzelnen jedoch zunächst mit dem SVA "Brandverhalten von Bauteilen" abzusprechen.

3.3 Welche Folgerungen können für die Baupraxis aus den Untersuchungsergebnissen gezogen werden; hierbei ist auf bestehende Richtlinien besonders Rücksicht zu nehmen ?

s. DIN 4102, Einführungserlaß

1. Allgemeines

Die Haftung brandschutztechnisch wirksamer Putzbekleidungen auf

1. glatten, ebenen Beton- und Stahloberflächen, insbesondere auf Decken sowie auf
2. Stahl, insbesondere auf hohen Trägern (Steghöhe > 600 mm)

ist als "nicht ausreichend" zu beurteilen, sofern sie nicht durch Putzträger, z.B. Rippenstreckmetall oder Drahtgewebe, gehalten werden bzw. ein gegenteiliger Nachweis erbracht ist.

Für diese Beurteilung sind häufig zu beobachtende Haftungsmängel infolge ungenügender Verzahnung von Putzbekleidung und Konstruktion, besonders in Verbindung mit Trennschichten, die die Adhäsion herabsetzen, sowie von Schwindspannungen durch Trocknungs- oder auch Alterungsvorgänge und auch mechanischen Beanspruchungen der Bauteile maßgebend. Bei den Trennschichten handelt es sich überwiegend um bautechnisch notwendige Schichten, die z.B. den Korrosionsschutz von Stahlbauteilen sichern oder ein leichteres Ausschalen von Betonbauteilen ermöglichen sollen.

In den Einführungserlassen zu DIN 4102 wird deshalb ein zusätzlicher Nachweis für die ausreichende und dauernde Haftung derjenigen brandschutztechnisch notwendigen Putzbekleidungen gefordert, die nicht durch Putzträger am Bauteil gehalten werden. Dieser Nachweis soll auf der Grundlage einer noch zu entwickelnden Prüfung erfolgen, die eine Beurteilung der Haftung für alle gegenwärtig und künftig zur Verfügung stehenden Bauteile und Bekleidungen gleichermaßen erlaubt. Die Untersuchung der Haftzugfestigkeit einer Auswahl gegenwärtig häufig angewandeter Brandschutzputze auf ebenen Stahl- und Stahlbetonflächen und die Entwicklung eines geeigneten Prüfverfahrens für die künftige Beurteilung der Haftung war das Ziel eines vom Land NW geförderten Forschungsvorhabens, über das nachfolgend berichtet wird.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde die Haftzugfestigkeit verschiedener Putzbekleidungen sowohl auf Stahlbauteilen als auch auf Stahlbetonbauteilen in Abhängigkeit vom Untergrund (Korrosionsschutz bzw. Trennmittel) und in Abhängigkeit von der mechanischen Beanspruchung (statisch oder dynamisch) untersucht und Kleinbrandversuche durchgeführt. Langzeiteinflüsse, wie Frost-Tau-Wechsel, Folgen zeitlich begrenzten Wassertransports, Versprödung von Haftzusätzen oder Einwirkung aggressiver Medien konnten im Rahmen dieses Vorhabens nicht beachtet werden.

Im Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz wurde bisher vor der Durchführung von Brandversuchen zum Nachweis der Eignung von Putzen auf hohen Trägern oder ebenen Flächen der Einfluß einer dynamischen Beanspruchung auf die Haftung ermittelt. Hierbei wurden die zu beurteilenden putzbekleideten, etwa $1 \times 2 \text{ m}^2$ großen Versuchsplatten einer Biege-Schwingungsbeanspruchung ausgesetzt, deren Stärke hohen, jedoch häufig auftretenden Bauwerksererschütterungen - Schwinggeschwindigkeit $\approx 40 \text{ mm/s}$ - entsprach. Die Versuchserfahrung hat in der Vergangenheit gezeigt, daß sich durch eine derartige Beanspruchung lokale Störstellen so vergrößern können, daß der Putz abfällt, wenn seine Biegezugfestigkeit einen haftungslosen Bereich nicht mehr überbrücken kann.

Diese Prüfmethode basiert auf den Gedanken, durch die Schwingungsbeanspruchung

- Bereiche geringer Haftung sichtbar werden zu lassen, ohne daß die Haftzugfestigkeit selbst geprüft wird,
- eine Materialermüdung zu bewirken, die einer Alterung entspricht.

Prüfungen der Haftzugfestigkeit ohne Durchführung einer Vorbeanspruchung geben zwar Aufschluß über die Gleichmäßigkeit der Haftung, lassen jedoch den unterstellten Ermüdungseinfluß nicht erkennen und machen zudem eine den zu prüfenden Putz zerstörende Probenahme erforderlich. Mit dem Forschungsvorhaben wurde erstmalig Gelegenheit geboten, die Effizienz der Schwingungsbeanspruchung quantitativ zu überprüfen.

Der Stand der Putzforschung ist zuletzt vor rd. 10 Jahren von Henkel sowie von Albrecht und Steinfach zusammenfassend behandelt worden, vgl. Berichte aus der Bauforschung, Heft 42. Diese Arbeiten wurden ergänzt durch grundlegende Untersuchungen zur Putzhaftung von Weigler, Berichte aus der Bauforschung, Heft 43. Seine Ergebnisse sind bei der Durchführung des hier beschriebenen Vorhabens mit berücksichtigt worden; insbesondere wurde die Methode der schonenden Zugprobenherstellung im Prinzip von Weigler übernommen, vgl. Abschnitt 3.4. Seither haben weniger Probleme der Haftfestigkeit, sondern mehr bauphysikalische Aspekte, wie Dampfdiffusion und Saugfähigkeit, im Vordergrund des Interesses der Putzforschung gestanden.

Vor einiger Zeit wurden Untersuchungen über den Einfluß von Erschütterungen auf die Putzhaftung am Otto-Graf-Institut in Stuttgart mit dem Ziel verbesserter Haftung usw. durchgeführt, deren Ergebnisse jedoch noch nicht zur Verfügung stehen.

2. Anforderungen an die Haftzugfestigkeit

Das Aneinanderhaften verschiedener Stoffe ist auf physikalische Adhäsionskräfte und die Verzahnungswirkung infolge makro- und mikrostruktureller Fehlstellen ebener glatter Oberflächen zurückzuführen. Bei der Vielzahl der kombinierbaren Stoffe ist eine quantitative Angabe der Haftwirkung für den Einzelfall nicht möglich. Es können jedoch Forderungen für die Größenordnung der Putzhaftung zur Gewährleistung der Haftfestigkeit gegen übliche äußere Beanspruchungen formuliert werden. So darf die Haftung- unabhängig von der Lage des Putzträgers - weder durch die mit dem Gebrauchslastfall verbundenen Verformungen der üblicherweise für ruhende Lasten bemessenen Konstruktionsbauteile noch durch zusätzliche Einwirkungen aus Temperaturwechsel oder Erschütterungen vermindert werden. Hieraus ergeben sich die folgenden Anforderungen an die Putzhaftung.

2.1 Eigengewicht und Zugfestigkeit

Bekanntlich fällt Putz nach mehr oder minder langer Zeit vom Putzgrund ab, wenn er nicht "ausreichend" haftet. Das heißt, er kann sein eigenes Gewicht nicht mehr tragen. Daher ist die elementarste Forderung diejenige nach der Tragfähigkeit des Putz-Eigengewichts bei vollflächiger Haftung: $G_p = g \rho d \cdot 10^{-6}$ in N/mm^2

mit $g = 9,81 \approx 10 \text{ m/s}^2$: Erdbeschleunigung

ρ : Rohdichte des Putzes in kg/m^3

d : Putzdicke in m

Hierbei ist einzuschließen bzw. zu berücksichtigen

- die Zugfestigkeit β_z des Materials, die größer sein muß als das um die nachfolgenden Sicherheitsfaktoren erhöhte flächenbezogene Eigengewicht,
- die maximale Putzdicke d_u : bauaufsichtlich zulässige Maximaldicke oder baupraktisch übliche Maximaldicke
- die Ermüdung der Haftung bei häufiger dynamischer Einwirkung, üblicherweise durch einen Sicherheitsbeiwert von $\mu = 3$ abgedeckt,
- die Gewichtszunahme bei Feuchtigkeitseinwirkung: Feuchtigkeitsgehalt u_m in Gew.-%.

Die scheinbare Gewichtszunahme des Putzes in isolierten Haftbrücken durch die Übernahme des Eigengewichts hohlliegender Bereiche, vgl. Abschnitt 2.2, wird im folgenden nicht berücksichtigt. Beispiel: Kreisrunde Hohlstelle (Radius r), deren Putzgewicht von einem anschließenden Kreisring mit einer Breite entsprechend dem Doppelten der Putzdicke übernommen wird: Sicherheitszuschlag etwa $\frac{1}{4} \cdot \frac{r}{d_u}$.

Damit ergibt sich als Mindestwert sowohl der Haftfestigkeit wie der Zugfestigkeit:

$$(\beta_Z, \beta_H) \geq \mu g \left(1 + \frac{u_m}{100} \right) \rho d_u \cdot 10^{-6} \text{ in N/mm}^2.$$

Unter Zugrundelegung eines einheitlichen Praktischen Feuchtigkeitsgehaltes nach DIN 52 612/DIN 4108 E von $u_m = 3$ Gew.-%, ergibt sich beispielsweise

- für Vermiculite-Spritzputz mit $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ und $d_u = 0,065 \text{ m}$:

$$\beta_H \geq 30 \cdot 1,03 \cdot 850 \cdot 0,065 \cdot 10^{-6} = 0,0017 \text{ N/mm}^2$$

- für Mineralfaser-Spritzputz mit $\rho = 330 \text{ kg/m}^3$ und $d_{\max} = 0,030 \text{ m}$

$$\beta_H \geq 30 \cdot 1,03 \cdot 330 \cdot 0,040 \cdot 10^{-6} = 0,00041 \text{ N/mm}^2$$

2.2 Biegezugfestigkeit

Die Biegezugfestigkeit dient bei Brandschutzputzen nicht nur zur Beurteilung der Rissegefahr an der Putzoberfläche sowie zur Beschreibung der Materialgüte (Gleichmäßigkeit), sondern muß auch die Verbindung zwischen lokal isolierten Haftbrücken gewährleisten, wenn zwischen derartigen Brücken Stellen minderer Haftung vorhanden sind. Wenngleich bei Baustoffen ohne Biegesteifigkeit bzw. Biegefestigkeit die vollflächige Haftung gemäß Abschnitt 2.1 vorausgesetzt werden muß, so ist es doch erfahrungsgemäß eine Illusion, gleiches von biegesteifen Materialien zu verlangen, z.B. von schwindfähigen, weil mit hydraulisch abbindenden Baustoffen hergestellten Putzen oder von punktwise mit Spezialkleber angebrachten Plattenbekleidungen.

In diesen Fällen ist es zur Sicherung gegen Bruch und damit gegen das Abfallen lokal begrenzt hohlliegender Putze erforderlich, Mindestwerte für die Biegezugfestigkeit festzusetzen, und zwar in Abhängigkeit von

- der Größe der zugestandenen haftungsschwachen Zone,

- den Randbedingungen im Bereich der Haftbrücken, zwischen denen sich der Putz unter der Eigengewichtsbelastung durchbiegt, ohne daß seine Biegezugfestigkeit überschritten werden darf.

Erfahrungsgemäß liegen Putze häufig an freien Rändern hohl. Unterstellt man, daß bei großen Putzflächen solche hohl liegenden Bereiche Linearabmessungen von etwa 30 bis 50 cm, im Mittel ca. 40 cm, aufweisen können, dann ergibt sich für einen derartigen Randbereich die Forderung nach der Biegezugfestigkeit wie folgt:

$$\beta_{BZ} = \mu \frac{M}{W} = 3 \frac{q l \cdot \frac{l}{2}}{b/6 \cdot d_u^2} = 9 \frac{g \rho \left(1 + \frac{u_m}{100}\right) b l^2 d_u}{b d_u^2} = 9 g \left(1 + \frac{u_m}{100}\right) \frac{\rho}{d_u} \cdot l^2$$

$$\beta_{BZ} = 15 \cdot 10^{-6} \frac{\rho}{d_u} \text{ in N/mm}^2$$

Die Dicke d_u bedeutet hierbei die Mindestdicke!

Beispiel: Maschinenputzgips mit $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$ und $d_u = 0,010 \text{ m}$

$$\beta_{BZ} = 15 \cdot \frac{1100}{0,010} \cdot 10^{-6} = 1,65 \text{ N/mm}^2$$

Sofern diese Anforderung nicht erfüllt werden kann, sind die Bereiche ohne Haftung enger zu begrenzen oder haftungsfreie Zonen des Putzes ausnahmslos zu verbieten.

Schadensfälle haben in der Vergangenheit gezeigt, daß sich bei ungeeignetem Haftgrund allmählich große Flächen - mehrere Quadratmeter! - ohne Haftung ausbilden können. Eine brandschutztechnisch wirksame Bekleidung der Konstruktion ist in derartigen Fällen weder durch Anforderungen an die Haftfestigkeit noch durch Anforderungen an die Biegezugfestigkeit zu gewährleisten. Eine enge Begrenzung - und Überprüfung - haftungsarmer Zonen könnte die strenge Einhaltung der Verarbeitungsvorschriften fördern und damit ebenso zur Vermeidung schwerer Schäden beitragen, wie der Ausschluß haftungsmindernder Materialien als Putzgrund.

2.3 Scherfestigkeit

Werden Baustoffe in relativ dünnen Schichten vollflächig miteinander verbunden, wie es bei Deckenplatten oder Putzen der Fall ist, so führt die Durchbiegung der Deckenkonstruktion unter Gebrauchslast - nicht unter Eigengewicht - in der Grenzschicht zu Scherspannungen der Größe:

$$\tau = 6 \frac{\mu Q}{b(d_T + d_P)} \cdot \alpha(\eta; \kappa)$$

mit Q: Querkraft

b: Plattenbreite/Querschnittsbreite

d: Querschnittshöhe (Dicke) von Träger (T) und Putz (P)

α : Beiwert: Funktion von

$$\eta = \frac{d_T}{d_T + d_P} \quad \text{und} \quad \kappa = \frac{E_P}{E_T}, \quad \text{s. Bild 1}$$

E: Elastizitätsmodul von Träger (T) und Putz (P)

Diese Scherspannungen können bei dünnen biegeweichen Schichten auf steifen Trägerbaustoffen, wie Anstrichen oder Mineralfaserputzen auf Stahlbetonplatten, vernachlässigt werden. Sie gewinnen jedoch erheblich an Bedeutung, wenn Putze mit nennenswerter Eigensteifigkeit in größerer Dicke auf dünnen Konstruktionsbauteilen angeordnet werden. Im ungünstigen Falle kann der Maximalwert der Scherspannung - mit dem Beiwert $\max \alpha = 1/4 = 0,25$ - in der Grenzschicht zwischen Träger und Putz liegen und dort zu einer Überschreitung der Scherfestigkeit Veranlassung geben. Das gilt bei einem isotropen Bauteil konstanter Dicke, wenn:

$$\frac{E_P}{E_T} = \left(\frac{d_T}{d_P} \right)^2.$$

Aber auch bei anderen Verhältnissen von κ und η können erhebliche Scherspannungen auftreten, die u.U. die Haftung ungünstig beeinflussen.

Beispielsweise besitzt ein Trapezblech FI 40/183 mit 1,25 mm Blechdicke ein Trägheitsmoment $I_{\text{eff}} = 44,1 \text{ cm}^4/\text{m}$, entsprechend einer 1,74 cm dicken isotropen Blechplatte. Bringt man auf einer derartigen Platte ($E_T = 210 \text{ kN/mm}^2$) einen 15 mm dicken Gipsputz ($E_P = 3 \text{ kN/mm}^2$) an und belastet ein derartiges System, z.B. mit

den Abmessungen $b = 0,98 \text{ m}$, $l = 2,5 \text{ m}$, mit dem maximalen Moment in Feldmitte ($\max P = 2Q = 4,02 \text{ kN}$), dann erhält man mit $\alpha = 0,036$ aus Bild 1 die Scherspannung

$$\tau = \mu \frac{6 \alpha Q}{b(d_T + d_P)} = 3 \cdot 3 \cdot 0,036 \frac{4020}{980 \cdot 32,4} \approx 0,041 \text{ N/mm}^2.$$

Dieser Wert liegt eine Größenordnung über der zur Berücksichtigung des Eigengewichts geforderten Haftfestigkeit. Der Zusammenhang zwischen Scherfestigkeit und Haftzugfestigkeit von Putzen ist bisher noch nicht untersucht worden. Dennoch kann als sicher gelten, daß das Haftvermögen eines Putzes verloren geht, wenn die Scherspannung die Haftfestigkeit des Putzes überschreitet.

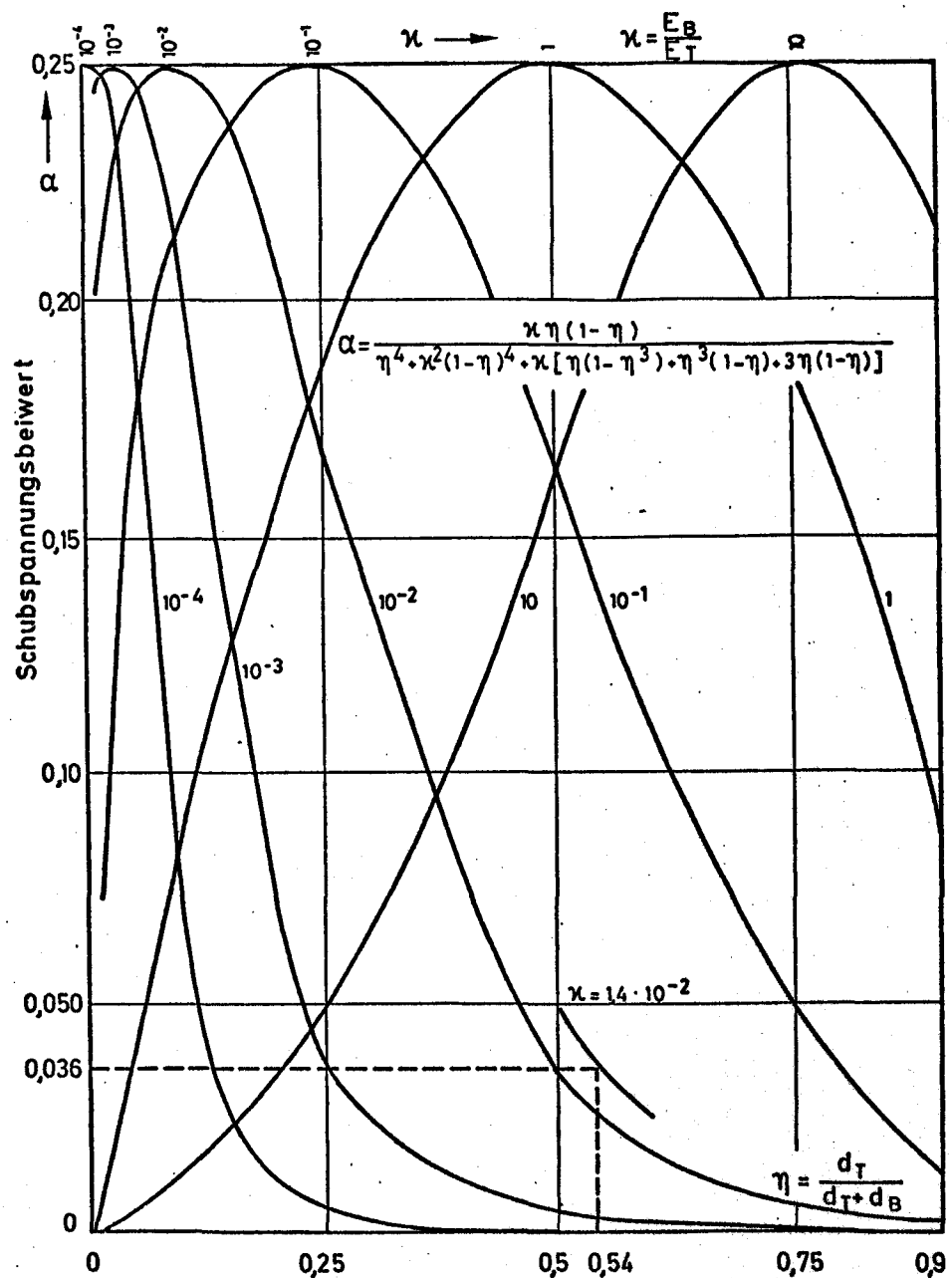


Bild 1:
Schubspannungs-
beiwert $\alpha(\eta; \kappa)$

3. Durchführung der Untersuchungen

Mit den Untersuchungen sollten im wesentlichen drei Aufgaben gelöst werden:

- ein Verfahren zur Prüfung der Haftzugfestigkeit von Brandschutzputzen zu entwickeln und zu erproben,
- den Einfluß einer - im Hinblick auf die nachfolgende Brandbeanspruchung - mechanischen Vorbeanspruchung zu klären,
- anhand der gewonnenen Untersuchungsergebnisse Richtwert für die allgemeine Beurteilung der Haftung von Brandschutzputzen zu entwickeln.

Demgemäß sind aus der Vielzahl der Brandschutzputze und -bekleidungen mit Hilfe der Firmen

Gebr. Knauf, Westdeutsche Gipswerke, Iphofen

Westdeutsche Spritzputz-GmbH, Düsseldorf

die in Tabelle 1 beschriebenen elf häufig verwendeten Putze und eine plattenartige Bekleidung ausgewählt und von Beauftragten der Firmen auf im Institut vorbereitete Putzträger - Stahlbetonplatten sowie Stahlbleche, ebene Bleche und Trapezbleche - aufgebracht worden.

Nachfolgend werden die Beschaffenheit der Versuchsplatten und der Versuchsaufbau erläutert, Abschnitt 3.1 und 3.2; die Beschreibung der mechanischen Vorbeanspruchung und der Haftzugprüfung folgt in den Abschnitten 3.3 bzw. 3.4.

3.1 Voruntersuchungen

Die in 3.4 beschriebene Methode zur Bestimmung der Haftzugfestigkeit von Brandschutzputzen auf unterschiedlichen Trägerbaustoffen wurde zunächst in Voruntersuchungen - an nicht mechanisch vorbeanspruchten Platten - überprüft.

Hierfür sind je zwei Platten (1000 x 2250 mm²) als Putzträger vorbereitet worden:

1. 5 mm dicke Stahlbleche, mit zwei I-Trägern auf der der Putzseite gegenüberliegenden Seite ausgesteift;

Korrosionsschutz:

- 1.1 gesandstrahlt, ohne Korrosionsschutz
- 1.2 gesandstrahlt, mit Korrosionsschutz 40...50 µm Zinkchromat-Anstrich auf Alkydharzbasis

2. 80 mm dicke, ebene Betonplatten der Güte B35, Putzseite mit kunststoffbeschichteten Schaltafeln (BETOPLAN) hergestellt;

Trennmittel:

- 2.1 ohne Trennmittel
- 2.2 mit Schalöl: Fa. Deitermann RELAX Multi

Die Platten wurden durch Holzleisten in 10 etwa 470 x 426 mm² große Felder eingeteilt. Als Putze/Bekleidung wurden von Arbeitskräften der Hersteller/Verarbeiter auf die am Boden gelagerten vier Probeplatten gleichermaßen, also ohne Rücksicht auf die Praxisnähe der Kombination Putz-Trägerbaustoff, neun der in Tabelle 1 aufgeführten Putze aufgebracht. Diese Putze wurden nach mindestens 28tägiger Lagerung im Institut und mit der in Abschnitt 3.4 beschriebenen Prüfapparatur auf ihre Haftzugfestigkeit untersucht.

Von Fa. Knauf wurde unter Bezug auf das Merkblatt "Gipsputz auf Beton", Herausgeber Bundesverband der Gips- und Gipsbauplatten-Industrie e.V. Darmstadt, darauf hingewiesen, daß Gipsputze nicht auf ungeeigneten Putzgrund aufgebracht werden dürfen und insbesondere Beton durch die Benetzungsprobe auf Rückstände von Schalungstrennmitteln überprüft werden muß. Einige Putz-Träger-Kombinationen sind demnach als praxisfremd zu betrachten.

Auf die Ergebnisse dieser Voruntersuchungen wird nicht näher eingegangen, weil sie im Grundsatz die Anwendbarkeit der vorgesehenen Prüfmethode zwar bestätigt haben, ansonsten aber ohne mechanische Vorbeanspruchung durchgeführt wurden und insbesondere die Anbringung der Putze weder mit den Hauptuntersuchungen noch mit der Praxis vergleichbar ist.

3.2 Hauptuntersuchungen

Für die Durchführung der Hauptuntersuchungen wurden als Putzträger großformatige Platten (450 bis 970 x 2500 mm²) wie folgt verwendet:

1. 5 mm dicke Stahlbleche aus St 37, mit zwei Γ -Trägern auf der der Putzseite gegenüberliegenden Seite ausgesteift

Korrosionsschutz, Fa. Th. Goldschmidt AG:

- 1.1 FERTEGOL-Metallgrund ZM, rotbraun: Zweikomponenten-Zinchromatbeschichtung auf Epoxidharzbasis, normalschichtig (je Arbeitsganz 50 µm Trockenschichtdicke)

- 1.2 FERTEGOL-Zinkstaubbeschichtung, Type ZA 80, rotbraun: Einkomponenten-Korrosionsschutz-Grundbeschichtung auf Epoxidesterharzbasis, dickschichtig, lt. Herstellerangabe 6 % verseifbare Anteile enthaltend.

Anstrichalter bis zum Putzen 2 bis 3 Wochen

2. 1,25 mm dicke Trapezbleche der Fa. Fischer, Profil FI 40/183 -
 $\sigma_{0,2} = 320 \text{ N/mm}^2$

Korrosionsschutz: Sendzimirverzinkung

3. 80 mm dicke, ebene Stahlbetonplatten (970 x 2500 mm²), Betongüte B35 (35...42 N/mm²):

Trennmittel je zur Hälfte der Platten (2500 x 470 mm²), Fa. Deitermann:

3.1 Schalöl RELAX Multi

3.2 Schalwachs "für Eisen- und glatte Schalung" RELAX 6

Alter bis zum Putzen 8...22 Wochen, dabei Alter des Spritzbewurfes
- soweit verwendet - 2 Wochen.

Anmerkung zum Korrosionsschutz: Bei der Beurteilung der Haftfestigkeit auf Stahlbauteilen ergeben sich Schwierigkeiten aus der Unkenntnis der großen Zahl von Korrosionsschutz-Beschichtungen, die teilweise in unterschiedlichen Dicken angewendet werden. Zur Zeit wird bei Herrn Prof. Dr. Waubke, Hochschule der Bundeswehr in München, ein Forschungsvorhaben zur Verträglichkeit (Verseifungsbeständigkeit) von Putzbekleidungen mit praxisüblichen Korrosionsschutzbeschichtungen durchgeführt. Da das Vorliegen endgültiger Ergebnisse nicht abgewartet werden konnte, wurden in diesem Vorhaben zunächst die o.g. zwei Korrosionsschutzbeschichtungen ausgewählt, die entsprechend den eingeholten Auskünften als weit verbreitet gelten können.

Anmerkung zu den Trennmitteln: Lt. Auskunft des Obmanns des Arbeitskreises "Trennmittel" im Hauptausschuß "Betontechnologie" des Dt. Betonvereins e.V., Herrn Dr. Linder, sind über die Marktanteile der einzelnen Hersteller von Trennmitteln keine Angaben möglich. Es wären etwa 300 Hersteller zu benennen, von denen etwa ein Drittel Schalöle für großformatige, glatte (beschichtete) Schaltafeln liefert. Hinzu kommt, daß ein Teil der Firmen, vorzugsweise Großfirmen, ihre Trennmittel aus Mineralölrückständen selbst herstellt, wobei die Konstanz der Eigenschaften fragwürdig ist. Für die "Prüfung und Anforderungen an Trennmittel" wird z.Z. das Merkblatt 4 vom Trennmittel-Arbeitskreis vorbereitet.

Im Hinblick auf die statische und die dynamische Vorbeanspruchung wurden jeweils zwei gleichartige Platten hergestellt und auf diesen die zu prüfenden Putze von Arbeitskräften der Hersteller/Verarbeiter "über Kopf" aufgebracht. Aus Tabelle 1 gehen Art der geprüften Putze und ihre Verteilung auf die drei Putzträger hervor. Insgesamt wurden 76 Versuchsplatten hergestellt und geprüft.

Bei der Brandprüfung betrug das Putzalter

- der Stahlplatten mit Pyrok-Spritzputz 6 bis 7 Wochen, sonst zwischen 27 und 42 Wochen,
- der Trapezbleche zwischen 11 und 22 Wochen,
- der Stahlbetonplatten zwischen 5 und 19 Wochen.

Die geputzten Prüfplatten wurden bis zur Durchführung der Haftzuguntersuchungen, mindestens jedoch 28 Tage, im Stapel - in einem unbeheizten Bereich des Instituts - gelagert; Normalklima kann nicht angenommen werden. Danach wurde in folgendem Rhythmus geprüft:

- Haftzugprüfung vor mechanischer Beanspruchung: Längs der Schmalseiten der Platten wurden je Plattenhälfte drei Putzproben geprüft,
- mechanische Beanspruchung: je eine Versuchsplatte wurde statisch oder dynamisch beansprucht, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben,
- Haftzugprüfung nach mechanischer Beanspruchung: Aus dem Bereich größter mechanischer Beanspruchung, also in Feldmitte, wurden beiderseits der Krafteinleitungslinie je drei Putzproben geprüft,

- Verschließen der Probeentnahmestellen mit Vermiculite-Gipsmörtel als Vorbereitung auf den Brandversuch,
- Durchführung des Brandversuchs unter statischer Belastung entsprechend DIN 4102 Teil 2.

Auf eine quantitative Bestimmung der Haftung nach dem Brandversuch wurde verzichtet, da am Ende des Brandversuchs zulässigerweise einige Putze abfielen, aber auch wegen der Abkühlung des Brandhauses längere Zeit bis zur Haftzugprüfung hätte gewartet werden müssen, ohne daß dieser Prüfung eine für die Zulassung der Putze wesentliche Aussage beizumessen ist.

3.3 Mechanische Vorbeanspruchung

Die Kennwerte und Beanspruchungsdaten der drei geprüften Tragwerke sind nachfolgend tabellarisch zusammengestellt. Die Beanspruchungen wurden so gewählt, daß sich unter statischer Belastung ungefähr gleiche Durchbiegungen ergaben.

	1	2	3	4	5
Zeile	Kenngröße	Stahlblech	Trapezblech	Stahlbeton	Einheit
1	Dicke	5	1,25	80	mm
2	Breite	970	980	970	mm
3	flächenbezogene Masse	130	13,7	200	kg/m ²
4	Steifigkeit EJ	3	0,09	1,3	MNm ²
5	zul. Moment	64	2,25	10,9	kNm
6	statische Belastung	122	4,02	20,8	kN
7	Durchbiegung unter statischer Belastung	7,9	9,0	7,4	mm
8	Stahlspannungen unter statischer Belastung	$\sigma_o = 0,16$ $\sigma_u = 0,18$	0,14 0,07	0,24	kN/mm ²
9	dynamische Belastung	0,35	0,08	0,16	kN
10	Frequenz	33	16	22,0	Hz
11	Schwingungsamplitude	0,19	0,40	0,29	mm
12	Schwingungsdauer für 10 ⁶ Lastwechsel	8,42	17,36	12,63	h
13	dynamischer Beiwert	2,4	4,4	3,9	%
14	dynamisch-statisches Beanspruchungsverhältnis	1,6	4,0	0,27	%

3.3.1 Statische Biegebeanspruchung

Die beidseitig gestützten Versuchsplatten wurden in Feldmitte entsprechend dem maximal zulässigen Biegemoment für den Gebrauchslastfall über die gesamte Plattenbreite gleichmäßig während etwa 15 Stunden belastet.

3.3.2 Dynamische Biegebeanspruchung

Die beidseitig gestützten Versuchsplatten wurden in Feldmitte über die gesamte Plattenbreite gleichmäßig mit einer Schwinggeschwindigkeit von 40 mm/s im Bereich bauüblicher Deckenfrequenzen zwischen 16 und 33 Hz über 10^6 Lastwechsel (8,75 bis 17,50 Stunden) sinusförmig beansprucht. Hierzu fand eine Zweimassen-Schwingmaschine Verwendung, die im Frequenzbereich zwischen 10 und 100 Hz dem Quadrat der Frequenz proportionale Erregerkräfte liefert und bei 55 Hz eine dynamische Kraft von 1 kN erzeugt.

Erläuterung:

Nach Vornorm DIN 4150 Teil 3, Ausgabe September 1975, darf unter bestimmten Bedingungen bei bestehenden Gebäuden die rechnerische Gesamtspannung aus statischen und dynamischen Lasten die zulässige Spannung maximal um 10 % überschreiten, wobei bereits ein Ermüdungsbeiwert $\mu = 3$ eingeschlossen ist.

Für den Gebrauchszustand lassen sich zulässige Spannungen für die Biegedruckzone nach DIN 1050 bzw. in Anlehnung an DIN 1045 wie folgt angeben:

$$\begin{array}{ll} \text{für Bauteile aus Stahl} & \sigma_{\text{zul}} = 140 \text{ N/mm}^2 \\ \text{für Bauteile aus Beton (B 25) etwa} & \sigma_{\text{zul}} = 10 \text{ N/mm}^2 \end{array}$$

Daher betragen die zulässigen Spannungen aus ständiger dynamischer Beanspruchung maximal

$$\sigma_{\text{de}} = \frac{1}{3} \cdot 14 = 4,7 \text{ N/mm}^2 \text{ bei Stahl und}$$

$$\sigma_{\text{db}} = \frac{1}{3} \cdot 1 = 0,33 \text{ N/mm}^2 \text{ bei Beton}$$

Bei biegebeanspruchten Bauteilen, die schwingend mit Frequenzen beansprucht werden, die in der Nähe der Eigenfrequenz liegen (Resonanz), besteht zwischen der Spannung σ und der Schwinggeschwindigkeit $v = \frac{dw}{dt}$ folgender Zusammenhang:

$$\sigma = \sqrt{3 E \rho} \cdot v, \quad \begin{array}{l} \sigma \text{ in N/mm}^2 \\ v \text{ in cm/s,} \end{array}$$

wobei ein Rechteckquerschnitt vorausgesetzt ist, vergl. DIN 4150 Teil 3, Abschnitt 5.

Die Beziehung zwischen σ und v hängt nicht von der Stützweite ab und ist weitgehend unabhängig von den Lagerungsbedingungen. Daher ist die Schwinggeschwindigkeit die kennzeichnende Größe für die Biegebeanspruchung bei resonanznahen Schwingungen.

Die Größe $k = \sqrt{3 E \rho}$ beträgt

$$\begin{array}{ll} \text{bei Stahl} & k_e = 0,702 \text{ N/mm}^2 \cdot \text{s/cm} \text{ und} \\ \text{bei Beton (B 25)} & k_b = 0,151 \text{ N/mm}^2 \cdot \text{s/cm}. \end{array}$$

Somit werden die zulässigen dynamischen Zusatzspannungen für Bauwerke, die für vorwiegend ruhende Belastung bemessen sind, bei

$$v_e = 67 \text{ mm/s} \text{ oder } v_b = 22 \text{ mm/s} \text{ bzw.}$$

$$\text{im geometrischen Mittel bei } \sqrt{v_e v_b} = 38 \text{ mm/s} \approx 40 \text{ mm/s}$$

erreicht. Dementsprechend wird bei den Untersuchungen der Haftfestigkeit eine Schwinggeschwindigkeit von 40 mm/s zugrunde gelegt.

Hiervon unabhängig ist durch zahlreiche schwingungstechnische Untersuchungen im Zusammenhang mit Sprengungen und Rammerschütterungen bekannt, daß bei gut ausgesteiften Gebäuden Deckenschwingungen bis zu einer Schwinggeschwindigkeit von etwa 20 mm/s zugelassen werden können; darüber hinaus können Schäden auftreten, vergl. Vornorm DIN 4150 Teil 3, Ausgabe September 1975. Bei den dynamischen Haftfestigkeitsuntersuchungen sind also übliche Bauteilerschütterungen vorweggenommen, ohne zugleich unangemessene Sicherheiten einzuhalten.

3.4 Haftzugfestigkeit

Für die Ermittlung der Haftzugfestigkeit von Putzen, d.h. Bestimmung der maximalen Zugspannung senkrecht zur Oberfläche, gibt es kein genormtes Prüfverfahren; diese Prüfung wird definitionsgemäß mit einem Abreißversuch durchgeführt. Dabei sind insbesondere Probengröße, Belastungsgeschwindigkeit sowie Steifigkeit und Befestigung der Krafteinleitungsorgane dem Ausführenden zur freien Bemessung überlassen. Hier wurde eine Methode gewählt, die sich an den Erfahrungen von Albrecht und Weigler orientiert, jedoch unter besonderer Berücksichtigung einer Prüfung von Brandschutzputzen am Bauwerk.

Mit einer Bohrkronen, gekennzeichnet durch einen inneren, nicht mitlaufenden Anpreßsteller, dessen Anpreßdruck auf die Probefläche, um ein Abscheren zu vermeiden, mit dem Bohrfortschritt zunimmt, wird im Putz eine kreisförmige Fläche von 9,6 cm Durchmesser ($72,38 \text{ cm}^2$) freigelegt. Auf diese flache, zylindrische Putzprobe wird ein gleichgroßer steifer Stahlstempel mit Kunststoff-Kaltpolymerisat TECHNOVIT 2060 geklebt, das je nach Saugvermögen des Putzes in 10 Minuten bis 4 Stunden hinreichend ausgehärtet ist.

Der gewählte Kunststoff erlaubt, auf glatten, sauberen (entfetteten) Metallflächen eine Haftfestigkeit von $2,22 \text{ N/mm}^2$ zu erreichen, d.h. eine maximale Prüfkraft von etwa 17,5 kN bei Verwendung von 10 cm Stempeldurchmesser.

Die Haftzugprobe wird abgezogen mit Hilfe einer handbetätigten Spindel, die über eine Kraftmeßdose - Wägezelle für Zug- und Druckbelastung der Fa. HBM, Darmstadt; je nach Haftzugfestigkeit $F_{\text{max}} = 1 \text{ kN}$ oder 10 kN - und über eine Kette zur Vermeidung von Querkraften mit dem Stahlstempel verbunden ist. Zur Feststellung der Bruchlast und "Regelung" der Belastungsgeschwindigkeit wird dabei das von einer Trägerfrequenz-Meßbrücke abgeleitete, der Zugkraft proportionale elektrische Signal einem Registriergerät zugeführt, s. Bild 2. Proben-Ausschneidewerkzeuge und Prüfapparatur sind aus Anlage 9 ersichtlich.

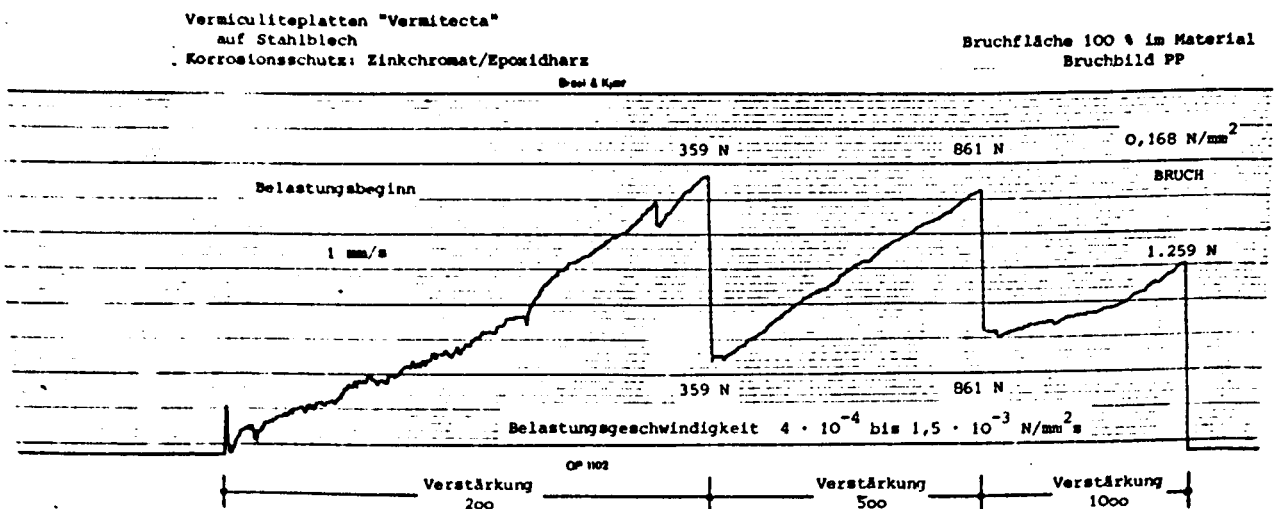


Bild 2: Haftzugprüfung von Hand mit zweifacher Meßbereichsumschaltung

Technische Daten der Einrichtung:

Spindeldurchmesser	26 mm
Hebelarm (Durchmesser)	400 mm
Ganghöhe der Spindel	1,5 mm
maximale meßbare Haftzugfestigkeit	1,27 N/mm ²

Die Prüfung der Haftzugfestigkeit kann mit jeder hierfür geeigneten Vorrichtung erfolgen, die

- eine querkraftfreie Zugbeanspruchung auf die Probe aufzubringen erlaubt, und
- eine Registrierung oder Anzeige für die maximale Zugkraft besitzt.

Nicht erforderlich sind

- Variationsmöglichkeit der Beanspruchungsgeschwindigkeit und
- Abstützung der Zugvorrichtung auf der Probenfläche (Vorteil: kurzer Kraftfluß).

Hingegen ist größter Wert auf eine saubere Abtrennung der Probenfläche von der übrigen Putzfläche zu legen, wobei die gewählte Ausschneidemethode eine Scherbeanspruchung der Probenfläche möglichst vermeiden soll. Im vorliegenden Falle wurde ein Probenanpreßdruck - je nach Federkombination des Anpreßstellers - von 0,2 N/mm² bis 3,3 N/mm² aufgebracht.

Aufgrund der bisher festgestellten Haftzugfestigkeiten sollte die Zugkraft bzw. die Kraftmessung im Bereich zwischen 0,1 und 4 kN variiert werden können. Höhere Kräfte waren bisher noch nicht erforderlich; ggf. kann die Probenfläche herabgesetzt werden.

Hersteller von transportablen Zugprüfgeräten sind z.B.

Fa. Herion, Fellbach bei Stuttgart:	80 N...22 kN, hydraulisches Prinzip einstellbare Belastungsgeschwindigkeit Probendurchmesser 5 cm β_{\min} über Kopf ^{+) 0,06 N/mm²}
--	---

Fa. Sattec, Paris Cedes:	2,5...25 kN, Spindelprinzip mit barometrischer (Vakuum) Druckmessung Probendurchmesser 5 cm β_{\min} über Kopf ^{+) etwa 0,03 N/mm²}
-----------------------------	--

Fa. Trebel, Darmstadt: 5...40 kN, hydraulisches Prinzip
einstellbare Belastungsgeschwindigkeit
Probendurchmesser 5 cm
 β_{\min} über Kopf^{+) 0,05 N/mm²}

<sup>+) ohne Befestigung des Prüfgestells in Dreibein- oder Zylinderform;
 β_{\min} : Zugspannung aus dem Eigengewicht des nicht befestigten Gerätes</sup>

Bei Über-Kopf-Prüfungen von Putzen mit geringer Zugfestigkeit (kleiner als die Haftfestigkeit), wie z.B. Mineralfaserputzen, genügt es, die Haftzugfestigkeit durch gleichmäßiges und zügiges Füllen eines an der Probe befestigten Behälters mit kleinen Gewichtsstücken (Bleischrot) zu ermitteln.

4. Meßergebnisse

Die Einzelergebnisse der Haftfestigkeitsuntersuchungen sind als Anhang, Anlagen S1 bis S6 (Putze auf Stahl- und Trapezblechen) sowie Anlagen B1 bis B10 (Putze auf Stahlbetonplatten) dargestellt und durch Angabe von Mittelwert, prozentualen Wertebereich sowie Angabe des Verhältnisses der Mittelwerte vor und nach mechanischer Beanspruchung ausgewertet worden. Die Mittelwerte der Einzelmessungen wurden als Untersuchungsergebnisse in die Tabellen 3 bis 8 übernommen. Die Ergebnisse der Brandversuche und ihre brandschutztechnische Beurteilung sind in den Tabellen 4 und 6 enthalten. Eine Diskussion dieser Ergebnisse erfolgt in diesem Bericht nicht, da hierfür der SVA "Brandverhalten von Bauteilen" zuständig ist.

4.1 Bruchverhalten der Putze

In der oberen Hälfte der Anlagen S1 bis B10 (Anhang) sind in Diagrammen jeweils die sechs Einzelergebnisse für die verschiedenen Putz-Trägerkombinationen - geordnet nach steigender Festigkeit - aufgetragen und die dazugehörigen "Bruchbilder" wie folgt angegeben:

TV: Bruch zwischen Trägerbaustoff (Stahl mit Korrosionsschutz oder Beton mit Trennmittel) und Vorspritzmörtel oder haftvermittelnder Schicht

VP: Bruch zwischen Vorspritzmörtel oder haftvermittelnder Schicht und Putz

PP: Bruch im Putz (Kohäsionsbruch)

PO: Bruch zwischen Putz und Lastverteilungsplatte der Abziehvorrichtung

Beispiele für die Bruchbilder der einzelnen Putze zeigen die Anlagen 10 bis 13. Die Einstufung der Bruchbilder erfolgte nach dem flächengrößten Anteil der Bruchfläche; Mehrfachangaben bedeuten nahezu flächengleiche, durch verschiedene Schichten verlaufende Trennflächen. Eine ähnliche Differenzierung wird in DIN 53 232, Messung der Haftfestigkeit von Anstrichen und ähnlichen Beschichtungen nach der Abreißmethode, vorgenommen.

Genau genommen, handelt es sich nur im Fall TV um eine Prüfung der Haftfestigkeit, sofern der vom Trägerbaustoff abgezogene Putzflächenanteil größer als 50 % ist. Andernfalls ist die Haftfestigkeit immer größer als die Zugfestigkeit. Diese Grenzfestigkeit ist durch eine verstärkte Gitterlinie hervorgehoben. Es ist auffällig, daß die Zugfestigkeit einiger Putze vom Putzgrund/Trägerbaustoff abzuhängen scheint.

Der Trennfall PO, d.h. mehr als 50 % der Bruchfläche entfallen auf die Grenzschicht zwischen Putzoberfläche und Lastverteilungsplatte, weist nicht auf eine ungeeignete Klebung der Lastverteilungsplatte hin, sondern darauf, daß es sich um ein Putzmaterial mit flockiger Oberfläche (geringste Zugfestigkeit nahe der Oberfläche!) handelt, beispielsweise um Mineralfaser-Spritzputz.

4.2 Numerische Auswertung der Meßwerte

In der unteren Hälfte der Anlagen S1 bis B10 (Anhang) ist die numerische Auswertung der Einzelmessungen tabellarisch dargestellt. Häufig streuen die Einzelwerte erheblich. Um eine differenziertere Betrachtung zu ermöglichen, wird deshalb sowohl der Mittelwert ($N = 3$) aus den drei Werten mit höchster Festigkeit als auch der Mittelwert ($N = 6$) aus den sechs Einzelwerten ohne Rücksicht auf deren Höhe mit dem zugehörigen prozentualen Streubereich angegeben.

Die dick umrandeten Mittelwerte aus den sechs Einzelwerten werden zunächst als kennzeichnendes Ergebnis der Haftzugprüfungen in Abhängigkeit von der Vorbeanspruchung angesehen; sie sind in Tabelle 3, Mittelwerte der Haftzugfestigkeit, für alle Putze übersichtlich zusammengefaßt, während in die Beurteilungstabellen 4 und 6, Kennwerte und Prüfergebnisse von Putzen auf Stahl bzw. auf Beton, nur die Mittelwerte der Haftzugfestigkeit nach mechanischer Vorbeanspruchung - zusammen mit ihren prozentualen Streubereichen - übernommen worden sind.

Ferner ist zur Verdeutlichung des Einflusses der mechanischen Vorbeanspruchung auf die Haftzugfestigkeit das prozentuale Verhältnis der Mittelwerte von beanspruchter zu unbeanspruchter Probe angegeben:

$p < 100 \%$: Festigkeitsminderung

$p > 100 \%$: Festigkeitssteigerung

Zur mechanischen Beanspruchung sind jeweils zwei gleichartige Prüfplatten hergestellt worden, deren Haftzugfestigkeiten vor der Belastung sich nicht wesentlich unterscheiden sollten. Teilweise wurden jedoch erhebliche Festigkeitsunterschiede zwischen diesen beiden "identischen" Proben festgestellt. Aus diesem Grund ist außer dem Verhältnis p_1 der an ein und derselben Prüfplatte gewonnenen Werte nach und vor Beanspruchung als weitere Bezugsgröße für die Veränderungen durch die mechanische Vorbeanspruchung der Mittelwert aus beiden unbeanspruchten Proben gewählt und damit das Verhältnis p_2 der Serien-Mittelwerte von beanspruchter zu nichtbeanspruchter Probe berechnet worden. Die Diskussion des Einflusses der mechanischen Vorbeanspruchung erfolgt in Abschnitt 5.3

Die in den Tabellen angegebenen Werte für die Haftzugfestigkeit sind gerundet. Der vor Rundung aus den Meßwerten errechnete Verhältniswert p für die Festigkeit nach und vor mechanischer Beanspruchung kann daher trotz anscheinend gleicher Haftzugfestigkeiten von 100 % abweichen.

Beispiel : Vermiculite-Spritzputz "Feuerdämmputz G", Anlage S2

1. Korrosionsschutz Zinkchromat/Epoxidharz

vor mechanischer Beanspruchung: $\beta_{o6stat} = 0,03 \text{ N/mm}^2$ $\beta_{o6dyn} = 0,10 \text{ N/mm}^2$

nach mechanischer Beanspruchung: $\beta_{m6stat} = 0,00 \text{ N/mm}^2$ $\beta_{m6dyn} = 0,10 \text{ N/mm}^2$

Verhältnis der Mittelwerte: $p_{1stat} = 0 \%$ $p_{1dyn} = 102 \%$

Änderung der Festigkeit : $p_{1stat}^{-100} = -100 \%$ $p_{1dyn}^{-100} = +2 \%$

Verhältnis der Mittelwerte: $p_{2stat} = 0 \%$ $p_{2dyn} = 159 \%$

Änderung der Festigkeit : $p_{2stat}^{-100} = -100 \%$ $p_{2dyn}^{-100} = +59 \%$

2. Korrosionsschutz Zinkstaub/Epoxidesterharz

vor mechanischer Beanspruchung: $\beta_{o6stat} = 0,09 \text{ N/mm}^2$ $\beta_{o6dyn} = 0,11 \text{ N/mm}^2$

nach mechanischer Beanspruchung: $\beta_{m6stat} = 0,09 \text{ N/mm}^2$ $\beta_{m6dyn} = 0,09 \text{ N/mm}^2$

Verhältnis der Mittelwerte:	$p_{1stat} = 91 \%$	$p_{1dyn} = 84 \%$
Änderung der Festigkeit :	$p_{1stat}^{-100} = -9 \%$	$p_{1dyn}^{-100} = -16 \%$
Verhältnis der Mittelwerte:	$p_{2stat} = 85 \%$	$p_{2dyn} = 90 \%$
Änderung der Festigkeit :	$p_{2stat}^{-100} = -15 \%$	$p_{2dyn}^{-100} = -10 \%$

Wie das Beispiel 1 zeigt, kann man für extreme Fälle, in denen der Mittelwert einer Prüfserie zu $\beta_{m6} = 0 \text{ N/mm}^2$ bestimmt worden ist, auch durch p_2 nicht zu einer befriedigenden Aussage gelangen, sondern nur die Abweichung vergrößern.

Im allgemeinen aber erlaubt der Bezug der Haftfestigkeit beanspruchter Proben auf den Mittelwert der beiden zusammengehörigen unbeanspruchten Proben eine bessere Beurteilung. Im Beispiel 2 ergibt sich praktisch unabhängig von der Beanspruchungsart eine Abminderung durch die mechanische Vorbeanspruchung von 10 bis 15 %. Dabei bleibt allerdings unklar, welche der beiden Beanspruchungsarten die größere Veränderung der Haftfestigkeit bewirkt; denn bei Betrachtung von p_1 ist die Änderung nach dynamischer Beanspruchung größer als nach statischer, während man bei Betrachtung von p_2 zu dem umgekehrten Ergebnis gelangt.

Zur Diskussion und Beurteilung der Meßergebnisse sind die im Anhang wiedergegebenen Einzelmeßwerte zu den folgenden Anlagen/Tabellen zusammengefaßt worden:

- Anlage 2 : Tabelle 2 : Wertebereich der Haftzugfestigkeit, in Abhängigkeit vom Bruchbild, jedoch ohne Berücksichtigung der Vorbeanspruchung
- Anlage 3 : Tabelle 3 : Mittelwerte der Haftzugfestigkeit, in Abhängigkeit von der mechanischen Vorbeanspruchung
- Anlage 4 : Tabelle 4 : Kennwerte und Prüfergebnisse von Putzen auf Stahlblechen und Trapezblechen, mit Angaben zu den Brandversuchen und brandschutztechnischer Beurteilung
- Anlage 5 : Tabelle 5 : Richtwerte für die Haftfestigkeit von Putzen auf Stahlblechen und Trapezblechen
- Anlage 6 : Tabelle 6 : Kennwerte und Prüfergebnisse von Putzen auf Stahlbetonplatten, mit Angaben zu den Brandversuchen und brandschutztechnischer Beurteilung
- Anlage 7 : Tabelle 7 : Richtwerte für die Haftfestigkeit von Putzen auf Stahlbetonplatten
- Anlage 8 : Tabelle 8 : Kennwerte, Prüfergebnisse und Richtwerte für zementgebundene Mineralfaser-Spritzputze

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Wertebereich der Haftzugfestigkeit

Die Haftzugfestigkeit der geprüften Brandschutzputze kann in einen Wertebereich zwischen 0 und $0,39 \text{ N/mm}^2$ eingeordnet werden. Die Meßwerte einzelner Putze streuen erheblich; teils treten Trennbrüche (Bruchbild TV) auf, d.h. Haftfestigkeit < Zugfestigkeit, teils liegt die Haftfestigkeit über der Zugfestigkeit des Putzes (Bruchbild PP).

In Tabelle 2 sind die Wertebereiche der einzelnen Putze - getrennt nach dem Bruchbild, jedoch unabhängig von der Art der Vorbeanspruchung - angegeben. Der Grenzfall $\max \beta_H \approx \min \beta_Z$ ist besonders herausgestellt, da er sich als eine mögliche Größe zur Beurteilung der Haftung anbietet.

Anmerkungen zu Tabelle 2

Zeilen 1, 2 und 5: Kalkzementputz, Fertigputzgips "Goldband" und Maschinenputzgips "MP 75" - jeweils auf Spritzbewurf

Typisch für die Einwirkung von Schalwachs: Die Proben haften ungleichmäßig und lassen sich häufig mit relativ geringer Kraft lösen. Bei Verwendung von Schalöl ist die Haftung gleichmäßiger und immer größer als die Zugfestigkeit. Haftet ein Putz jedoch fest, so sind Wertebereich und Maximalwert der Zugfestigkeit unabhängig vom Trennmittel gleich groß. Der Spritzbewurf kann ein ungeeignetes Trennmittel nicht ausgleichen. Die Haftsicherheit ist somit bei Schalwachs geringer als bei Verwendung von Schalöl.

Zeilen 3 und 6: Haftputzgips "Rotband" und Maschinenputzgips "MP 75":

Die Haftfestigkeit ist der Größe nach normal bis gut, bei Verwendung von Schalwachs gelingt es aber nicht, die Haftung bis in den Bereich der Zugfestigkeit zu steigern: Durch Verwendung von Schalwachs kann die Haftung in kritischem Maße beeinflusst werden.

Zeile 4: Maschinenputzgips "MP 75", Perlite gemagert:

Obwohl kein Haftvermittler oder Spritzputz angewendet worden ist, sind die Maximalwerte recht hoch, und zwar unabhängig vom Trennmittel. Allerdings ist gemäß Anlage B4 zu beachten, daß bei den meisten Proben ein Trennbruch auftrat und die Streuungen erheblich sind. Die Haftsicherheit mit Schalwachs ist somit wiederum geringer.

Zeilen 2 bis 6:

Es ist auffällig, daß sämtliche Putzgipse bei guter Haftung eine eng beieinanderliegende Zugfestigkeit von 0,32 bis 0,39 N/mm² aufweisen. Laut Angabe der Gebr. Knauf, Schreiben vom 10.05.1978, wurden herstellerseitig folgende Werte ermittelt für Putze gemäß

- Zeile 2: $\beta_H \approx \beta_Z \approx 0,37 \text{ N/mm}^2$
- Zeile 3: $\beta_Z > 0,49 \text{ N/mm}^2$
- Zeile 4: $\beta_Z > 0,51 \text{ N/mm}^2$
- Zeile 5: $\beta_Z > 0,52 \text{ N/mm}^2$

Die werkseitige Anwendung des Sattec-Geräts zur Bestimmung der Haftzugfestigkeit kann nicht der Grund für diese Unterschiede sein. Die Wasser-Gips-Verhältnisse wurden zu 0,50 bis 0,67 angegeben. Möglicherweise wurden von den Verarbeitern der hier untersuchten Putze diese WG-Verhältnisse nicht eingehalten und damit die Zugfestigkeit ungünstig beeinflusst, vgl. hierzu Bruchbild und Festigkeit von "MP 75" auf Schalöl behandelter Betonfläche bei statischer Vorbeanspruchung, Anlage B6: trotz geringer Festigkeit vor der Vorbeanspruchung tritt der Bruch im Putz ein.

Zeilen 7 und 8: Vermiculite-Spritzputze "Feuerdämmputz Z" bzw. "G":

Diese Feuerdämmputze besaßen nur eine relativ geringe Haftfestigkeit. Der gipsgebundene Putz lag auf Trapezblechen über größere Bereiche hohl, so daß keine Haftzugprüfung durchgeführt werden konnte.

Laut Angabe wurden werksseitig für beide Putze Zugfestigkeiten von 0,09 bis 0,16 N/mm² ermittelt, etwa in Übereinstimmung mit den hier gefundenen Werten.

Zeile 9: Vermiculite-Spritzputz "Pyrok-Germany"

Bei Pyrok-Putz mit Haftvermittler Mowilith DM 1 H lag auf allen Putzgründen die Haftfestigkeit über der Zugfestigkeit, wobei letztere jedoch erhebliche Streuungen aufwies (ca. 1:10).

Zeilen 10 und 11: Mineralfaserspritzputze "Hoeco F II/1" und "Cafco D C/F":

Mineralfaserspritzputze zeigen bei geringster Zugfestigkeit eine gute Haftung; der Minimalwert der Zugfestigkeit wurde auf 0,00050 N/mm² abgerundet.

Zeile 12: Vermiculite-Platten "Vermitecta":

Es ist auffällig, daß die Zugfestigkeit auf Trapezblechen weniger als die Hälfte derjenigen auf Stahlblech beträgt und auf Stahlblech weniger als auf Beton. Die Ursache ist unbekannt.⁺⁾

Zeilen 7 bis 12, insbesondere Zeilen 9 und 12:

In keinem Fall waren signifikante Unterschiede der beiden Korrosionsschutzbeschichtungen erkennbar. In den wenigen Fällen, in denen Putze sowohl auf Stahl als auch auf Beton verwendet wurden, waren die maximalen Zugfestigkeiten für Putz auf Stahl stets geringer als für Putz auf Beton.

Die wesentlichen dieser Untersuchungsergebnisse sind in Abschnitt 5.4 nochmals stichwortartig zusammengefaßt.

5.2 Notwendigkeit einer objektiven Prüfung der Haftzugfestigkeit

In der Vergangenheit ist im Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz die Haftung von Brandschutzputzen qualitativ wie folgt beurteilt worden.

Beurteilungskriterien für die Haftung

Beurteilungs- note	Haftung
sehr gut	Brandschutz-Isolierung kann nur unter Kraftanstrengung mit Hammer und Meißel abgeschlagen werden.
gut	Brandschutz-Isolierung läßt sich nur mit Mühe mit einem Spachtel entfernen
mäßig	Brandschutz-Isolierung läßt sich ohne große Anstrengung mit der Hand entfernen
schlecht	Brandschutz-Isolierung fällt ohne Bearbeitung von Hand, Spachtel oder Hammer/Meißel schon bei der Brand- oder Schwingungsbeanspruchung ab

⁺⁾ Es wird für möglich gehalten, daß das Lösungsmittel des Klebers in Putz und in Haftgrund eindringt und im Putz - je nach Saugfähigkeit des Putzgrundes - zu einer mehr oder weniger großen Beeinflussung/Minderung der Zugfestigkeit führt.

Die Haftung wird hierbei nur in der Grenzschicht TV bzw. VP beurteilt. Das Forschungsvorhaben bot nunmehr die Möglichkeit, diese qualitative Benotung den objektiven Werten der Haftzugfestigkeit gegenüberzustellen. Der Vergleich führt zu den aus Bild 3 ersichtlichen Schlußfolgerungen:

1. Die Beurteilungen "sehr gut" und "gut" sind objektiv nicht zu unterscheiden; denn sie umfassen denselben Festigkeitsbereich von 0,03 bis 0,2 N/mm².
2. Die Beurteilung "mäßig bis gut" fügt sich in die Gesamtskala ein und umfaßt etwa den Festigkeitsbereich von 0,001 bis 0,05 N/mm².
3. Die Beurteilung "mäßig" wird nur auf Mineralfaser-Spritzputze angewendet, vermutlich jedoch zu unrecht, weil die Haftung bei diesen Materialien größer ist als ihre Zugfestigkeit (> 0,0005 N/mm²) und sich daher die Beurteilung auf das Material und nicht auf die Grenzschicht bezieht.
4. Die Beurteilung "schlecht" wird bei noch meßbarer Restfestigkeit nicht vergeben; die Haftung liegt dann unter der objektiven Meßschwelle.

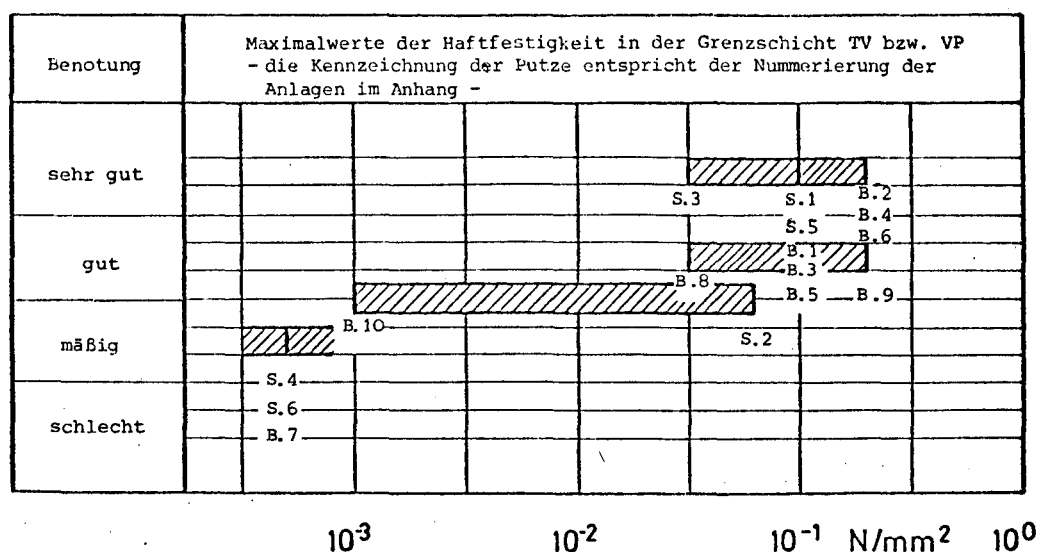


Bild 3: Vergleich zwischen qualitativer Beurteilung der Haftung und gemessener Haftzugfestigkeit

5. Die Haftung der Brandschutzputze, die sowohl auf Stahlblechen wie auf Stahlbetonplatten aufgebracht waren, wird bei Vermiculite-Spritzputz "Pyrok" und Vermiculiteplatten "Vermitecta" auf Beton - trotz gleicher oder besserer Haftwerte - nur mit "gut" beurteilt, während sie bei den auf Stahlblech angeordneten mit "sehr gut" eingestuft worden ist. Anders bei den Mineralfaser-Spritzputzen: Bei "Hoeco" sind Haftfestigkeit und Beurteilung ("mäßig") auf beiden Baustoffen identisch, während bei "Cafco" immerhin die quantitativ bessere Haftung auf Beton auch qualitativ als höherwertig als "mäßig bis gut" eingestuft worden ist.

Zusammenfassend läßt sich feststellen: Ein Putz, der unter Zuhilfenahme von Hammer und Meißel von seinem Putzgrund abgeschlagen werden muß, haftet "gut bis sehr gut". Eine objektive Prüfung der Haftfestigkeit ist damit entbehrlich. Das dürfte auch immer dann der Fall sein, wenn beim Versuch, die Haftfestigkeit "von Hand" zu prüfen, der Putz zerstört wird. In derartigen Fällen dürfte trotz der Scherbeanspruchung die Zugfestigkeit überschritten sein und damit die Haftfestigkeit oberhalb der in Tabelle 2, Spalte 5, genannten Werte liegen.

Die Einordnung in die bisher verwendeten Kategorien ist nicht quantifizierbar, oder umgekehrt formuliert, sofern die Haftfestigkeit in Qualitätskategorien eingeordnet und nicht nur die Überschreitung eines festen Richtwertes getestet werden soll, ist ihre quantitative Bestimmung mit objektiven Prüfmethoden erforderlich. Es wird daher vorgeschlagen, die Haftfestigkeit künftig im Rahmen von Eignungsprüfungen und von Güteüberwachungen nur noch durch Messung der Haftzugfestigkeit zu ermitteln und diese Ergebnisse durch Vergleich mit Sollwerten, hier in Abschnitt 6 zunächst als Richtwerte vorgeschlagen, auf ihre Einhaltung zu überprüfen.

5.3 Notwendigkeit einer mechanischen Vorbeanspruchung

Ein Vergleich zwischen den prozentualen Abweichungen der Festigkeiten der beiden unbeanspruchten Proben

$$\Delta\beta_o = \frac{|\beta_{ostat} - \beta_{odyn}|}{\frac{1}{2}(\beta_{ostat} + \beta_{odyn})} \cdot 100$$

und der Änderung der Haftzugfestigkeit nach mechanischer - sowohl statischer als auch dynamischer - Vorbeanspruchung

$$\Delta\beta_m = \frac{|\beta_m - \beta_o|}{\beta_o} \cdot 100$$

ergab - jeweils für die Mittelwerte aus sechs Einzelprüfungen gemäß Tabelle 3 ohne Rücksicht auf das Bruchbild - bei den insgesamt durchgeführten 74 Untersuchungen

- in 44 Fällen, entsprechend ca. 60 %, zwischen den unbeanspruchten Proben eine größere Differenz als bei mechanischer Vorbeanspruchung,
- in 30 Fällen, entsprechend ca. 40 %, durch die mechanische Beanspruchung eine Veränderung, die größer ist als die Differenz zwischen den Werten unbeanspruchter Proben untereinander. Hiervon waren

11 Prüfplatten statisch vorbeansprucht und

19 Prüfplatten dynamisch vorbeansprucht.

Mithin kann auf eine mechanische Vorbeanspruchung der Putzträger so lange verzichtet werden, wie die Streuung der Putzhaftung unbeanspruchter Proben größer ist als die durch eine Beanspruchung der angewendeten Art und Größe erzielbaren Veränderungen. Könnte von einer gleichmäßigen Haftung unbeanspruchter Proben ausgegangen werden, würde eine dynamische Vorbeanspruchung zu einer stärkeren Beeinflussung der Haftung führen als eine statische Vorbeanspruchung.

Die hier getroffene Aussage steht zwar im Gegensatz zu der Auswertung, die nach dem ersten Untersuchungsabschnitt an Stahlbetonplatten durchgeführt worden ist, jedoch scheinen nach Abschluß aller Untersuchungen die Unterschiede zwischen beanspruchten und unbeanspruchten Proben zu gering, um den höheren und kostenintensiven Prüfaufwand weiterhin zu rechtfertigen.

Die Auswertung der prozentualen Verhältniswerte p_1 und p_2 der Tabellen S1 bis B10 (Anhang), differenziert nach den drei Putzträgern, verdeutlicht die Aussage über den Einfluß der mechanischen Vorbeanspruchung, wie die nachfolgende Tabelle zeigt.

Tabelle siehe Blatt 27

Vorbeanspruchung	Änderung der Haftfestigkeit	prozentuale Anzahl der Veränderungen ⁺⁾			
		Beton	Stahlblech	Trapezblech	gesamt
Anzahl der Proben	-	20	12	5	37
statisch	Zunahme oder gleichbleibend	67	67	20	61
	Abnahme	33	33	80	39
dynamisch	Zunahme oder gleichbleibend	50	29	50	43
	Abnahme	50	71	50	57

⁺⁾ Auswertung sämtlicher 74 Prüfungen, also auch der Werte von "Cafco", nicht jedoch "Feuerdämmputz G" auf Trapezblech, der "schlecht" haftete.

Die prozentuale Anzahl der Veränderung aller geprüften Platten müßte sich - bei zahlenmäßig im Mittel gleichen Änderungen - mit je 50 % Zunahme und 50 % Abnahme annähernd die Waage halten, wäre ein Einfluß der Vorbeanspruchung nicht vorhanden. Die hier vorgetäuschte Zunahme der Haftzugfestigkeit bei statischer Beanspruchung beruht auf der im Verhältnis zum Minderungseffekt großen Streuung der Meßwerte sowie der geringen Haftfestigkeit aus dem Randbereich entnommener unbeanspruchter Proben. Diese Einflüsse reichen bei dynamisch beanspruchten Proben aber nicht mehr aus, um die Wirkung der Vorbeanspruchung zu überdecken.

Bei dieser Beurteilung ist zu beachten, daß zwischen Haftfestigkeit und Zugfestigkeit nicht unterschieden wurde, da auch die Zugfestigkeit in vergleichbarer Weise durch eine Vorbeanspruchung geschädigt werden kann.

Von besonderem Interesse ist, daß die Anzahl der durch die Vorbeanspruchung in der Haftung geschädigten Putze auf Trapezblechen bei statischer Beanspruchung und auf Stahlblechen bei dynamischer Beanspruchung am größten ist: Ansätze für eine Erklärung dieses Sachverhaltes liefert die Art der Beanspruchung; solange die Anzahl der geprüften Trapezbleche jedoch zu gering ist, wird auf eine Erläuterung verzichtet.

5.4 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Handwerkliche, d.h. qualitative Prüfungen der Haftung sind durchaus geeignet, um eine "gute bis sehr gute" Haftung zu bestätigen, erlauben jedoch keinen quantitativen Rückschluß auf die Haftzugfestigkeit.

Die Streuung von Einzelergebnissen der Haftzugfestigkeit auf verschiedenen praxisgerecht "über Kopf" geputzten Versuchsplatten ist so groß, daß Einflüsse aus einer statischen oder dynamischen Vorbeanspruchung weitgehend überdeckt werden. In Randbereichen von Versuchsplatten ist die Haftung häufig kleiner als in der Mitte, was vermutlich auf Austrocknung und/oder auf eine Scherbeanspruchung zurückgeführt werden kann.

Brandschutzputze auf Beton haften bei Verwendung von Schalwachs als Trennmittel (ca. 40 g/m^2 RELAX 6, Fa. Deitermann) großflächig ungleichmäßiger als bei Verwendung von Schalöl (40 g/m^2 RELAX Multi, Fa. Deitermann).

Bei Verwendung ungeeigneter Trennmittel kann die Haftung auch nicht durch einen Spritzbewurf gewährleistet werden, der hingegen bei Verwendung geeigneter Trennmittel eine ausreichende Haftung auch auf ebenen und glatten Betonflächen (Stahlschalung o.ä.) zu erreichen gestattet.

Die Zugfestigkeit festhaftender Putze (Zugfestigkeit < Haftfestigkeit) wird erwartungsgemäß nicht von der Art der verwendeten Schalungstrennmittel beeinflusst. Die hier untersuchten Korrosionsschutzbeschichtungen (FERTEGOL ZM und ZA 80 der Fa. Goldschmidt) führen nicht zu einer wesentlich unterschiedlichen Haftzugfestigkeit.

Die Zugfestigkeit von Putzen auf Trapezblech ist immer geringer als auf ebenen Stahlblechen und dort wieder geringer als auf Betonflächen. Eine befriedigende Erklärung liegt noch nicht vor.

Bei Mineralfaserspritzputzen ist es infolge der geringen Zugfestigkeit nicht möglich, die Haftfestigkeit zu bestimmen. Allerdings lassen sich derartige Putze im Abreißversuch vom Putzgrund häufig ohne größere Rückstände auf der Tragkonstruktion trennen, so daß die Prüfung der Zugfestigkeit zugleich der Bestimmung der Haftsicherheit dient.

An die untersuchten Putze ($\rho = 325$ bis 1730 kg/m^3) sind folgende Anforderungen gemäß Abschnitt 2 zu stellen:

- 5.1 Haftzugfestigkeit vollflächig haftender, biegeweicher Putze gegen Abfallen unter Eigengewicht, je nach Rohdichte und Putzdicke

$$\beta_H = 0,0004 \text{ bis } 0,0020 \text{ N/mm}^2$$

- 5.2 Biegezugfestigkeit bereichsweise zum Hohlliegen neigender, biege-steifer Putze gegen Abfallen unter Eigengewicht, je nach Rohdichte, Putzdicke und Randbedingungen

$$\beta_{BZ} \leq 5,40 \text{ N/mm}^2$$

- 5.3 Scherfestigkeit bzw. Haftzugfestigkeit steifer, dicker Putze auf dünnen Tragkonstruktionen, je nach Elastizitätsmoduli, Dicken und Querkraft

$$\beta_S \approx \beta_H \leq 0,05 \text{ N/mm}^2$$

Diese Anforderungen werden nicht von allen Putzen erfüllt; allerdings fehlen zur Zeit noch einige Angaben zu einer vollständigen Beurteilung.

6. Anforderungen an die Haftzugfestigkeit von Brandschutzputzen

Vor einer Festlegung zahlenmäßiger Anforderungen ist zunächst zu klären, welchen der folgenden Gesichtspunkte Vorrang eingeräumt werden soll:

1. Festlegung von Anforderungen nach der Notwendigkeit, entsprechend Abschnitt 2, aufgrund der physikalischen Kennwerte der Putze wie Eigengewicht und Festigkeit.

Vorteil: Für alle, also auch erst künftig zu beurteilende Putze anwendbar, auch ohne vorherige Eignungsprüfung

Nachteil: Es sind Kleinversuche durchzuführen, die sich zunächst nicht auf die Haftfestigkeit beziehen, z.B. Bestimmung des maximalen oder des Praktischen Feuchtigkeitsgehaltes sowie der Biegezugfestigkeit und der Scherfestigkeit

2. Festlegung von Anforderungen nach bisher vorliegenden Ergebnissen durch ein administrativ abzusicherndes Auswahlkriterium, ohne Rücksicht darauf, ob mit der Abreißprüfung die Haftfestigkeit oder die Zugfestigkeit gemessen wird.

Vorteil: Zugfestigkeit sowie Qualitätsunterschiede von Putz und Verarbeitung werden mit erfaßt. Erläuterndes Beispiel: Was nützt eine große Haftfestigkeit, wenn bei geringer Zugfestigkeit ein Kohäsionsbruch mit nur 1 mm Putz-Restdicke eintritt?

Nachteil: Der Güteprüfung muß stets eine Eignungsprüfung der Haftzugfestigkeit vorausgehen.

3. Festlegung von Anforderungen nach den Maximalwerten der Haftfestigkeit (Bruchbild TV) bzw. den Minimalwerten der Zugfestigkeit

Vorteil: Zugrundelegung der praxisüblichen, tatsächlichen Haftung

Nachteil: Derartige Anforderungen würden weder die notwendige Haftfestigkeit noch die vorhandene Zugfestigkeit berücksichtigen.

Vorgeschlagen wird im folgenden eine Festlegung von Anforderungen gemäß den beiden ersten Gesichtspunkten. Es wird somit für sinnvoll gehalten, vom Anwender den Nachweis einer Haftzugfestigkeit zu verlangen,

- die den unterschiedlichen Materialstrukturen und -eigenschaften Rechnung trägt und
- die sich zugleich am Möglichen orientiert, d.h. nicht unnötig große Toleranzen in Richtung zu geringer Haftung enthält und damit ggf. den Verarbeiter zu mangelhafter Sorgfalt ermuntert.

Demgemäß sind aus den Haftzugfestigkeiten der bisher untersuchten Materialien Richtwerte β_R abgeleitet worden, die sich jeweils an den drei Höchstwerten der sechs gemessenen Einzelwerte orientieren, und zwar in der Weise, daß ein bestimmter Prozentsatz p des Mittelwertes dieser drei Höchstwerte zum Richtwert erklärt wird. Dieser Prozentsatz bedarf der Abstimmung mit dem SVA "Brandverhalten von Bauteilen"; es wird jedoch vorgeschlagen, jeweils zwischen 50 und 80 % des Mittelwertes mechanisch - vorzugsweise dynamisch - vorbeanspruchter oder auch nicht vorbeanspruchter Proben zum Richtwert für die Haftzug-

festigkeit von Güteüberwachungen zu bestimmen, wobei die letzte der beiden wertbestimmenden Ziffern auf 0 oder 5 abzurunden ist⁺⁾.

Die Richtwerte sollen für eine bestimmte Kombination Putzträger/Putz möglichst gleichlautend und unabhängig vom Haftgrund, d.h. von Art und Menge der Korrosionsschutz-Beschichtung oder des Schalungs-Trennmittels, festgelegt werden. Sofern bei bestimmten Beschichtungen/Trennmitteln die Haftzugfestigkeit den von anderen Beschichtungen/Trennmitteln eingehaltenen Richtwert wesentlich unterschreitet, soll die Anwendung der betreffenden Beschichtungen/Trennmittel untersagt, nicht aber der Richtwert unangemessen abgemindert werden.

Alle festzulegenden Richtwerte für die Haftzugfestigkeit müssen größer sein als das dreifache Eigengewicht eines Putzes, bezogen auf die zugelassene Maximaldicke und unter Berücksichtigung des Praktischen Feuchtigkeitsgehaltes.

Bei biegesteifen Putzen oder den Brandschutz verbessernden Bekleidungen in Form von Platten sind Einzelwerte der Haftzugfestigkeit $\beta_H = 0$ zulässig, wenn nachgewiesen wird, daß die Biegezugfestigkeit den Wert $\beta_{BZ} = 15 \frac{\rho}{d}$ nicht unterschreitet. Die Rohdichte des Putzes ist hierbei mit einem Zuschlag für den Praktischen Feuchtigkeitsgehalt zu versehen; für die Putzdicke d ist der zulässige Mindestwert anzusetzen. Außerdem müssen die Haftbrücken in der Umgebung haftungsloser Bereiche eine gegenüber o.g. Forderungen und dem Durchschnitt aller Einzelwerte deutlich höhere Haftzugfestigkeit aufweisen.

Für Güteprüfungen sollen sechs Einzelproben von 5 oder 10 cm Durchmesser entnommen werden. Die Reduzierung des Probendurchmessers auf 5 cm wird vorgeschlagen, um die Anwendung kommerzieller Prüfeinrichtungen für die Haftzugfestigkeit zu erleichtern, vgl. Abschnitt 3.4. Der Mittelwert der sechs Einzelwerte darf den Richtwert nicht unterschreiten.

Anwendung der Richtwerte:

In den Tabellen 5 und 7 sind gemäß o.g. Vorschlag abgeleitete Richtwerte der Haftzugfestigkeit angegeben, Spalte 6 bzw. 7, und zusätzlich prozentuale Verhältniswerte $p = \frac{\text{Richtwert}}{\text{Mittelwert}} \cdot 100$, die erkennen lassen, inwieweit die Meßwerte durch die Richtwerte in Anspruch genommen, also ausgeschöpft werden,

^{+) Eine derartige oder stärkere Abrundung ist geboten, weil die Übereinstimmung von Vergleichsmessungen der Haftzugfestigkeit an verschiedenen Stellen einer einzelnen Versuchsplatte höchstens 10 % beträgt.}

Spalten 7 bis 10 bzw. 8 bis 11. Die Formelzeichen in den zuletzt angeführten Spalten bedeuten:

- p_{03} : Mittelwert aus drei Messungen ohne mechanische Vorbeanspruchung
 p_{m3} : Mittelwert aus drei Messungen mit mechanischer Vorbeanspruchung
 p_{06} : Mittelwert aus sechs Messungen ohne mechanische Vorbeanspruchung
 p_{m6} : Mittelwert aus sechs Messungen mit mechanischer Vorbeanspruchung

Die Art der mechanischen Vorbeanspruchung ist aus den Tabellen 4 und 6 zu ersehen:

Ungerade Zeilen - Folgeziffer: statische Vorbeanspruchung

Gerade Zeilen - Folgeziffer: dynamische Vorbeanspruchung

Die Beurteilung der Haftzugfestigkeit ergibt sich durch Gegenüberstellung von Mittel- und Richtwerten unmittelbar aus den Tabellen 5 und 7.

Auf einen Vergleich der brandschutztechnischen Beurteilung mit der Beurteilung der Haftung wird in diesem Bericht verzichtet, da die brandschutztechnischen Gesichtspunkte denen der Haftung übergeordnet sind und daher die endgültige Beurteilung und Zulassung der brandschutztechnischen Bekleidungen nur vom zuständigen Sachverständigenausschuß "Brandverhalten von Bauteilen" des Instituts für Bautechnik festgelegt werden kann.

Abschließend wird darauf hingewiesen, daß die brandschutztechnische Beurteilung der einzelnen Putze im Widerspruch zur Beurteilung der Haftung in dem Sinne stehen kann, daß ein Putz mit ungenügender Haftung noch einen ausreichenden Brandschutz erbringt. Das ist beispielsweise bei Feuerschutzputz Z auf Trapezblech und bei Maschinenputzgips "MP 75" auf Spritzbewurf und Verwendung von Schalwachs der Fall. Inwieweit hierfür Haftbrücken, Klemmwirkung oder Verdübelung eine Rolle spielen, soll in dem vorgesehenen Anschlußvorhaben mit untersucht werden.

Braunschweig, den 23. Januar 1980

Tabelle 1: Zusammenstellung der geprüften Putze und ihrer Aufbringung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Zeile	Bezeichnung	Zuschlag	Mörtel- gruppe DIN 18 550	Marken- Name	Roh- dichte kg/m ³	Festigkeit 4 x 4 x 16 σ_{Bz} σ_D N/mm ²		Haft- grund	Aufbrin - gung	Beton- oder Blechdicke mm	Trennmittel oder Korrosionsschutz				
											Art	Menge g/m ²	min	Dicke Mittel µm	max
1.1	Kalkzement- putz	Sand	II	-	1730	-	-	Spritzbewurf	von Hand	80	Öl	41			
1.2												42			
1.3											Wachs	61			
1.4												43			
2.1	Fertig- putzgips DIN 1168	Perlite	IV b	Goldband	978	2,12	5,62	Spritzbewurf	von Hand	80	Öl	40			
2.2												40			
2.3											Wachs	40			
2.4												40			
3.1	Haft- putzgips DIN 1168	Perlite	IV b	Rotband	871	2,15	4,95	Haftver- mittler auf Cellulose- äther-Basis	von Hand	80	Öl	40			
3.2												40			
3.3											Wachs	40			
3.4												40			
4.1	Maschinen- putzgips DIN 1168	Perlite	IV b	MP 75	1034	1,68	4,73	-	maschi- nell	80	Öl	39			
4.2												50			
4.3											Wachs	40			
4.4												47			
5.1		-	IV a	MP 75	1113	2,04	5,71	Spritzbewurf	maschi- nell	80	Öl	40			
5.2												40			
5.3											Wachs	41			
5.4												49			
6.1		-	IV a	MP 75	1176	2,06	5,07	-	maschi- nell	80	Öl	43			
6.2												42			
6.3											Wachs	43			
6.4												46			
7.1	Vermiculite- Spritzputz zementgebunden	Vermiculite + geringe Anteile von Mineral- fasern	-	Feuer- dämm- putz Z	420	-	-	Haftver- mittler auf Cellulose- äther-Basis	maschi- nell	5	E		100	111	130
7.2													95	110	130
7.3										1,25	EE		60	72	90
7.4													50	70	85
7.5											SVz		13	16	19
7.6															
8.1	Vermiculite- Spritzputz gipsgebunden	Vermiculite + geringe Anteile von Mineral- fasern	-	Feuer- dämm- putz G	440	-	-	Haftver- mittler auf Cellulose- äther-Basis	maschi- nell	5	E		80	112	140
8.2													100	132	170
8.3										1,25	EE		60	76	90
8.4													60	72	80
8.5											SVz		13	16	19
8.6															

- Anlage 1 -

Fortsetzung

Tabelle 1: Zusammenstellung der geprüften Putze und ihrer Aufbringung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Zeile	Bezeichnung	Zuschlag	Mörtel- gruppe DIN 18 550	Marken- Name	Roh- dichte kg/m ³	Festigkeit 4 x 4 x 16 σ_{Bz} σ_D N/mm ²		Haft- grund	Aufbrin- gung	Beton- oder Blechdicke mm	Trennmittel oder Korrosionsschutz Art Menge g/m ² min Dicke Mittel µm max				
9.1	Vermiculite- Spritzputz zementge- bunden	Vermiculite	-	Pyrok- Germany	850	-	-	Haftver- mittler auf Polyvinyl- acetat-Basis: Mowilith DM 1 H	maschi- nell	80	Öl	40			
9.2												45			
9.3											Wachs	45			
9.4												45			
9.5										5	E		100	130	170
9.6													80	113	170
9.7											EE		70	82	90
9.8													70	80	90
9.9										1,25	SVz		13	16	19
9.10															
10.1	Mineral- faser- Spritzputz zementge- bunden	Mineral- faser	-	Hoeco F II/1	325 bis 340	-	-	Haftver- mittler auf Vinylacetat- Basis: Mowiton 300	maschi- nell	80	Öl	40			
10.2												40			
10.3											Wachs	45			
10.4												45			
10.5										5	E		80	111	150
10.6													90	128	180
10.7											EE		65	83	100
10.8													60	75	90
10.9										1,25	SVz		13	16	19
10.10															
11.1	Mineral- faser- Spritzputz	Mineral- faser	-	Cafco D C/F		-	-	Haftver- mittler auf Polyvinyl- acetat-Basis: Mowilith DM 1 H		80	Öl	40			
11.2												47			
11.3											Wachs	40			
11.4												45			
11.5										5	E			138	
11.6														135	
11.7											EE			85	
11.8														85	
11.9										1,25	SVz			16	
11.10															
12.1	Vermiculite- Platten mit d = 20 mm mit Spezial- kleber ge- klebt	Vermiculite	-	Vermi- tecta	450	-	-		von Hand	80	Öl	45			
12.2												40			
12.3											Wachs	40			
12.4												40			
12.5										5	E		90	116	140
12.6													90	124	140
12.7											EE		90	110	116
12.8													60	97	114
12.9										1,25	SVz		13	16	19
12.10															

Tabelle 2: Wertebereich der Haftzugfestigkeit

Zeile	1 Putz/Bekleidung	2 Putzträger	3 Trennmittel bzw. Korrosionsschutzbasis	4 Wertebereiche der Haftzugfestigkeit		
				$\beta_H < \beta_Z$ N/mm ²	$\max \beta_H \approx \min \beta_Z$ N/mm ²	$\beta_H > \beta_Z$ N/mm ²
1.1 1.2	Kalkzementputz - auf Spritzbewurf	Beton	Schalöl Schalwachs	- 0,07 ... 0,12	0,10 0,10	0,05 ... 0,20 0,08 ... 0,22
2.1 2.2	Fertigputzgips "Goldband", Perlite gemagert - auf Spritzbewurf	Beton	Schalöl Schalwachs	0,17 0 ... 0,21	0,20 0,20	0,21 ... 0,38 0,18 ... 0,39
3.1 3.2	Haftputzgips "Rotband", Perlite gemagert - mit Haftvermittler	Beton	Schalöl Schalwachs	0 ... 0,08 0 ... 0,08	0,10 0,10	0,12 ... 0,32 -
4.1 4.2	Maschinenputzgips "MP 75", Perlite gemagert	Beton	Schalöl Schalwachs	0,03 ... 0,20 0 ... 0,20	0,20 0,20	0,20 ... 0,33 0,20 ... 0,33
5.1 5.2	Maschinenputzgips "MP 75" - auf Spritzbewurf	Beton	Schalöl Schalwachs	- 0 ... 0,10	0,10 0,10	0,10 ... 0,39 0,10 ... 0,36
6.1 6.2	Maschinenputzgips "MP 75"	Beton	Schalöl Schalwachs	0,05 ... 0,15 0 ... 0,22	0,20 0,20	0,15 ... 0,34 -
7.1 7.2 7.3	"Feuerdämmputz Z" - zementgebunden	Stahlblech Trapezblech	Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	0,06 ... 0,08 0,02 ... 0,09 0 ... 0,01	0,10 0,10 0,01	0,13 ... 0,18 0,13 ... 0,20 0,003 ... 0,03
8.1 8.2	"Feuerdämmputz G" - gipsgebunden	Stahlblech	Epoxidharz Epoxidesterharz	0 ... 0,06 -	0,06 0,06	0,07 ... 0,14 0,06 ... 0,16
9.1 9.2 9.3 9.4 9.5	Vermiculitespritzputz "Pyrok-Germany" - mit Haftvermittler	Beton Stahlblech Trapezblech	Schalöl Schalwachs Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	- - - - -	0,03 0,03 0,03 0,03 0,03	0,15 ... 0,33 0,03 ... 0,27 0,04 ... 0,12 0,04 ... 0,12 0,02 ... 0,08
10.1 10.2 10.3 10.4 10.5	Mineralfaserspritzputz "Roeco F II/1" - mit Haftvermittler	Beton Stahlblech Trapezblech	Schalöl Schalwachs Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	- - - - -	0,0005 0,0005 0,0005 0,0005 0,0005	0,0007 ... 0,0033 0,0007 ... 0,0035 0,0007 ... 0,0040 0,0007 ... 0,0040 0,0007 ... 0,0020
11.1 11.2 11.3 11.4 11.5	Mineralfaserspritzputz "CAFCO D C/F"	Beton Stahlblech Trapezblech	Schalöl Schalwachs Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	- - - - -	0,001 0,001 0,0005 0,0005 0,0005	0,003 ... 0,0045 0,001 ... 0,0050 0,0018 ... 0,0046 0,0018 ... 0,0039 0,0007 ... 0,0022
12.1 12.2 12.3 12.4 12.5	Vermiculiteplatten "Vermitecta"	Beton Stahlblech Trapezblech	Schalöl Schalwachs Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	0,008 ... 0,20 0,007 ... 0,16 0,05 ... 0,12 0,03 ... 0,12 -	0,20 0,20 0,10 0,10 0,03	0,20 ... 0,28 0,16 ... 0,32 0,12 ... 0,22 0,12 ... 0,21 0,03 ... 0,10

Tabelle 3: Mittelwerte der Haftzugfestigkeit

Zeile	1 Putz/Bekleidung	2 Putzträger	3 Trennmittel bzw. Korrosionsschutzbasis	Haftzugfestigkeit in N/mm ²			
				vor mechanischer Beanspruchung		nach	
				vorgesehene statisch	Beanspruchung dynamisch	durchgeführte statisch	Beanspruchung dynamisch
1.1 1.2	Kalkzementputz - auf Spritzbewurf	Beton	Schalöl Schalwachs	0,12 0,17	0,13 0,12	0,10 0,16	0,10 0,10
2.1 2.2	Fertigputzgips "Goldband", Perlite gemagert - auf Spritzbewurf	Beton	Schalöl Schalwachs	0,29 0,03 ²⁾	0,27 0,13	0,30 0,14 ²⁾	0,30 0,28
3.1 3.2	Haftputzgips "Rotband", Perlite gemagert - mit Haftvermittler	Beton	Schalöl Schalwachs	0,07 0,01	0,09 0,00	0,18 0,00	0,15 0,02
4.1 4.2	Maschinenputzgips "MP 75", Perlite gemagert	Beton	Schalöl Schalwachs	0,09 ¹⁾ 0,12	0,27 ¹⁾ 0,23	0,13 0,08	0,13 0,07
5.1 5.2	Maschinenputzgips "MP 75" - auf Spritzbewurf	Beton	Schalöl Schalwachs	0,19 0,18	0,28 0,24 ²⁾	0,31 0,28	0,35 0,05 ²⁾
6.1 6.2	Maschinenputzgips "MP 75"	Beton	Schalöl Schalwachs	0,12 0,08	0,25 0,006	0,17 0,05	0,19 0,04
7.1 7.2 7.3	"Feuerdämmputz Z" - zementgebunden	Stahlblech Trapezblech	Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	0,12 0,11 0,015	0,11 0,10 0,000	0,13 0,09 0,007	0,10 0,10 0,004
8.1 8.2	"Feuerdämmputz G ³⁾ " - gipsgebunden	Stahlblech	Epoxidharz Epoxidesterharz	0,03 0,09	0,10 0,11	0,00 0,09	0,10 0,09
9.1 9.2 9.3 9.4 9.5	Vermiculitespritzputz "Pyrok-Germany" - mit Haftvermittler	Beton Stahlblech Trapezblech	Schalöl Schalwachs Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	0,19 0,13 0,091 0,073 0,051	0,23 0,24 0,075 0,077 0,057	0,22 0,18 0,091 0,089 0,025	0,19 0,22 0,065 0,058 0,025
10.1 10.2 10.3 10.4 10.5	Mineralfaserspritzputz "Hoeco F II/1" - mit Haftvermittler	Beton Stahlblech Trapezblech	Schalöl Schalwachs Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	0,0007 0,0009 0,0023 0,0020 0,0007	0,0016 0,0013 0,0014 0,0013 0,0014	0,0022 0,0020 0,0019 0,0022 0,0007	0,0020 0,0020 0,0007 0,0008 0,0012
11.1 11.2 11.3 11.4 11.5	Mineralfaserspritzputz "CAFCO D C/F"	Beton Stahlblech Trapezblech	Schalöl Schalwachs Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	0,033 0,025 0,0033 0,0030 0,0010	0,017 0,012 0,0030 0,0027 0,0010	0,022 0,038 0,0030 0,0028 0,0008	0,010 0,019 0,0025 0,0025 0,0014
12.1 12.2 12.3 12.4 12.5	Vermiculiteplatten "Vermitecta"	Beton Stahlblech Trapezblech	Schalöl Schalwachs Epoxidharz Epoxidesterharz sendzimirverzinkt	0,12 0,13 0,13 0,09 0,066	0,13 0,14 0,14 0,13 0,081	0,15 0,13 0,17 0,17 0,059	0,10 0,11 0,15 0,12 0,070

1) Unterschiede verschiedener Platten bei gleicher Entnahmestelle

2) Unterschiede der Entnahmestellen, nicht der Vorbeanspruchung

3) Am Trapezblech konnten wegen zu schlechter Haftung im Proben-Entnahmebereich Haftversuche nicht durchgeführt werden. Im Gegensatz hierzu waren nach Verschluss der Entnahmebohrungen Brandversuche möglich, die zu einem positiven Ergebnis geführt haben, vgl. Tabelle 4, Zeilen 2.5 und 2.6

Tabelle 4: Kennwerte und Prüfergebnisse von Putzen auf Stahlblechen und Trapezblechen

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Putzart ⁴⁾						Haftfestigkeit ⁵⁾				Korrosionsschutz					Putz		Versuchs-		Brand-
Zeile	Bezeichnung	Zuschlag	Marken- Name	Roh- dichte kg/m ³	Haft- grund	Aufbrin- gung	min	Mittel	max	Blech- dicke	Art 1)	min	Dicke Mittel max		Vor- bean- spru- chung	Fällt ab Fläche	t _p min	t _E min	T _{Stahl} 3) °C	Schutz- beur- teilung
1.1	Vermiculite- Spritzputz zementge- bunden	Vermiculite + geringe Anteile von Mineral- fasern	Feuer- dämm- putz Z	420	Haftver- mittler auf Cellulose- äther- Basis	maschi- nell	40	0,13	34	5	E	100	111	130	stat	60	29	29	190	neg.
1.2							48	0,10	83			95	110	130	dyn	30	58	58	360	
1.3							76	0,09	114		EE	60	72	90	stat	60	18	18	100	neg.
1.4							40	0,10	48			50	70	85	dyn	100	67	67	300	
1.5							56	0,007	48	1,25	SVz	13	16	19	stat	-	-	43	630	pos.
1.6	100	0,004	200		dyn	-	-	52	680											
2.1	Vermiculite- Spritzputz gipsge- bunden	Vermiculite + geringe Anteile von Mineral- fasern	Feuer- dämm- putz G	440	Haftver- mittler auf Cellulose- äther- Basis	maschi- nell	0	0	0	5	E	80	112	140	stat	100	0	-	-	neg.
2.2							28	0,10	38			100	132	170	dyn	70	42	42	230	
2.3							20	0,09	23		EE	60	76	90	stat	100	67	67	370	neg.
2.4							32	0,09	32			60	72	80	dyn	100	43	43	240	
2.5							Putz abgefallen			1,25	SVz	13	16	19	stat	75	31	31	500	pos. ⁶⁾
2.6					dyn	100	34	34	550											
3.1	Vermiculite- Spritzputz zementge- bunden	Vermiculite	Pyrok Germany	850	Haftver- mittler auf Polyvinyl- acetat- Basis: Mowilith DM 1H	maschi- nell	46	0,091	24	5	E	100	130	170	stat	100	75	75	525 ²⁾	pos.
3.2							17	0,065	17			80	113	170	dyn	-	-	100	575 ²⁾	
3.3							44	0,089	53		EE	70	82	90	stat	-	-	90	550 ²⁾	pos.
3.4							31	0,058	29			70	80	90	dyn	70	87	87	525 ²⁾	
3.5							24	0,025	24	1,25	SVz	13	16	19	stat	-	-	45	725	pos.
3.6	20	0,025	24		dyn	-	-	37	660											
4.1	Mineral- faser- Spritzputz zementge- bunden	Mineral- faser	Hoeco F II/1	325 bis 340	Haftver- mittler auf Vinyl- acetat- Basis: Mowiton 300	maschi- nell	37	0,0019	63	5	E	80	111	150	stat	-	-	84	600 ²⁾	pos., mit Ein- schrän- kungen
4.2							4	0,0007	1			90	128	180	dyn	100	63	63	475 ²⁾	
4.3							50	0,0022	77		EE	65	83	100	stat	100	68	68	475 ²⁾	
4.4							13	0,0008	38			60	75	90	dyn	30	68	73	510	
4.5							3	0,0007	4	1,25	SVz	13	16	19	stat	-	-	35	650	
4.6	35	0,0012	55		dyn	-	-	40	620											
5.1	Vermiculite- Platten mit d = 20 mm mit Spezial- kleber ge- klebt	Vermiculite	Vermi- tocta	450	-	von Hand	54	0,17	31	5	E	90	116	140	stat	-	-	157	550 ²⁾	pos.
5.2							29	0,15	21			90	124	140	dyn	-	-	125	520 ²⁾	
5.3							21	0,17	25		EE	90	110	116	stat	-	-	154	590	pos.
5.4							74	0,12	44			60	97	114	dyn	-	-	110	540	
5.5							29	0,059	41	1,25	SVz	13	16	19	stat	-	-	60	610	pos.
5.6	36	0,070	23		dyn	-	-	70	660											

1) E: Zweikomponenten-Zinkchromatbeschichtung auf Epoxidharzbasis: Fortegol R ZH
EE: Einkomponenten-Korrosionsschutz-Grundbeschichtung auf Epoxidesterharzbasis:
Fortegol R Zinkstaubbeschichtung 80
SVz: Sendzimir-Verzinkung

2) Zahl = Mittelwert; Streuung ≤ 50 K

3) Bei den dick umrandeten Werten wurde die zulässige Durchbiegungsgeschwindigkeit
zul. Δf/Δt überschritten; das Versuchssonde wurde dadurch bestimmt. Bei den nicht
hervorgehobenen Werten wurde das Prüfsende durch den Putzabfall bestimmt.

4) Putzdicke einheitlich d = 15 mm

5) Die Grenzwerte der Haftfestigkeit sind gemäß $\frac{H_{\min} - \bar{H}}{\bar{H}} \cdot 100$ und $\frac{H_{\max} - \bar{H}}{\bar{H}} \cdot 100$
in Prozent angegeben, um den Streubereich der einzelnen Stoffkombinationen
besser vergleichen zu können.

6) Das trotz der im mittleren Entnahmebereich abgefallenen Haftzugproben positiv
Ergebnis der Brandversuche erklärt sich möglicherweise aus der Verdübelungs-
wirkung der mit Vermiculite-Gipsmörtel wieder verschlossenen Bohrlöcher

Tabelle 5: Richtwerte für die Haftfestigkeit von Putzen auf Stahlblechen
Korrosionsschutz und Vorbeanspruchung s. Tabelle 4, Spalten 11 bis 15

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Zeile	Bezeichnung	Zuschlag	Marken-Name	Haftgrund	Haftzugfestigkeit						Beurteilung der Haftfestigkeit
					Mittel N/mm ²	Richtwert N/mm ²	Verhältnis P ₀₃ O/O	Richtwert/Mittelwert P _{m3} ¹⁾ O/O	P ₀₆ O/O	P _{m6} O/O	
1.1	Vermiculite-Spritzputz zementgebunden	Vermiculite + geringe Anteile von Mineralfasern	Feuerdämmputz Z	Haftvermittler auf Celluloseäther-Basis	0,13	0,100	67	67	83	77	positiv
1.2					0,10	0,100	67	71	91	100	
1.3					0,09	0,100	67	71	91	111	
1.4					0,10	0,100	77	77	100	100	
1.5					0,007	0,010	42	<u>100</u>	67	143	negativ ²⁾
1.6					0,004	0,010	500	<u>125</u>	=	250	
2.1	Vermiculite-Spritzputz gipsgebunden	Vermiculite + geringe Anteile von Mineralfasern	Feuerdämmputz G	Haftvermittler auf Celluloseäther-Basis	0	0,050	100	=	167	=	negativ ³⁾
2.2					0,10	0,050	45	<u>42</u>	50	50	positiv
2.3					0,09	0,050	42	50	56	56	
2.4					0,09	0,050	42	<u>45</u>	45	56	
3.1	Vermiculite-Spritzputz zementgebunden	Vermiculite	Pyrok Germany	Haftvermittler auf Polyvinylacetat-Basis: Mowilith DM 1 H	0,091	0,050	47	<u>42</u>	35	55	positiv
3.2					0,065	0,050	57	69	67	77	
3.3					0,089	0,050	56	<u>46</u>	68	56	
3.4					0,058	0,050	57	70	65	86	
3.5					0,025	0,020	29	71	39	80	
3.6					0,025	0,020	27	71	35	80	
4.1	Mineralfaser-Spritzputz zementgebunden	Mineralfaser	Hoeco F II/1	Haftvermittler auf Vinylacetat-Basis: Mowiton 300	0,019	0,0010	29	<u>43</u>	43	53	positiv ⁴⁾
4.2					0,0007	0,0010	63	<u>143</u>	71	143	
4.3					0,0022	0,0010	33	<u>34</u>	50	45	
4.4					0,0008	0,0010	53	<u>125</u>	77	125	
4.5					0,0007	0,0010	143	<u>143</u>	143	143	negativ
4.6					0,0012	0,0010	48	67	71	83	positiv
5.1	Vermiculite-Platten mit d = 20 mm mit Spezialkleber geklebt	Vermiculite	Vermi-tecta	-	0,17	0,100	63	<u>45</u>	77	59	positiv
5.2					0,15	0,100	59	59	71	67	
5.3					0,17	0,100	77	53	111	59	
5.4					0,12	0,100	63	63	77	83	
5.5					0,059	0,050	60	75	76	85	
5.6					0,070	0,050	56	60	62	71	

1) Unterstrichene Werte liegen außerhalb des Beurteilungsspielraumes von 50 bis 80 %

	Beurteilung	Begründung
P _{m3} < 50 % (Richtwert zu niedrig)	positiv	höherer Richtwert möglich, aber bei Einheitlichkeit (Rundung) für einen gegebenen Putz nicht sinnvoll
	negativ	höherer Richtwert wegen Nichterfüllung von P ₀₆ nicht möglich
P _{m3} > 80 % (Richtwert zu hoch)	positiv	Anforderungen werden von P ₀₆ oder P _{m6} erfüllt
	negativ	Anforderungen auch bei sinnvoller Reduzierung der Richtwerte nicht erfüllbar

2) Putz nach Art und/oder Dicke bzw. Haftvermittler oder Korrosionsschutz ungeeignet: Haftfestigkeit kann im Rahmen sinnvoller Richtwerte nicht eingehalten werden.

3) Herstellungsfehler, Wiederholung erwünscht

4) Beurteilung unter Berücksichtigung der Werte P₀₆: wegen der extrem geringen (Haft)-Zugfestigkeit ist eine weitere Herabsetzung der Richtwerte nicht sinnvoll.

Tabelle 6: Kennwerte und Prüfergebnisse von Putzen auf Stahlbetonplatten

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Zeile	Putzart ⁴⁾				Roh- dichte kg/m ³	Festigkeit 4 x 4 x 16 σ_{Bz} σ_D N/mm ²		Haft- grund	Aufbrin- gung	Haftfestigkeit ⁵⁾			Trennmittel Art	Menge g/m ²	Vor- bean- spru- chung	Putz fällt ab		Versuchs- ende		Brand- schutz- beur- teilung
	Bezeichnung	Zuschlag	Mörtel- gruppe DIN 10 550	Marken- Name		min	Mittel			max	Fläche	tp				t _E ³⁾	T			
																		-0/0	N/mm ²	
1.1	Kalkzement- putz	Sand	II	-	1730	-	-	Spritz- bewurf	von Hand	46	0,10	44	Öl	41	stat	60 ¹⁾	14	17	70	pos., mit Ein- schrän- kungen
1.2										45	0,10	32		42	dyn	100 ¹⁾	13	14	60	
1.3										25	0,16	16	Wachs	61	stat	60 ¹⁾	10	17	70	
1.4										32	0,10	38		43	dyn	100 ¹⁾	7	17	60	
2.1	Fertig- putzgips DIN 1168	Perlite	IV b	Goldband	978	2,12	5,62	Spritz- bewurf	von Hand	12	0,30	11	Öl	40	stat	-	-	124	230	pos.
2.2										20	0,30	18		40	dyn	-	-	180	375	
2.3										100	0,14	64	Wachs	40	stat	30 ¹⁾	66	124	230	pos.
2.4										24	0,28	39		40	dyn	50 ¹⁾	94	180	375	
3.1	Haft- putzgips DIN 1168	Perlite	IV b	Rotband	871	2,15	4,95	Haftver- mittler auf Cel- lulose- äther- Basis	von Hand	68	0,18	49	Öl	40	stat	100	10	10	60	neg.
3.2										100	0,15	116		40	dyn	75	23	40	460	
3.3										Putz abgefallen			Wachs	40	stat	100	10	10	60	neg.
3.4										100	0,02	393		40	dyn	100	0	40	460	
4.1		Perlite	IV b	MP 75	1034	1,68	4,73	-	maschi- nell	68	0,13	94	Öl	39	stat	100	10	10	50	neg.
4.2										76	0,13	86		50	dyn	80	6	6	30	
4.3										100	0,08	133	Wachs	40	stat	100	7	10	60	neg.
4.4										100	0,07	226		47	dyn	80	6	6	30	
5.1	Maschinen- putzgips DIN 1168	-	IV a	MP 75	1113	2,04	5,71	Spritz- bewurf	maschi- nell	24	0,31	24	Öl	40	stat	-	-	120	260	pos.
5.2										14	0,35	26		40	dyn	-	-	120	250	
5.3										14	0,28	9	Wachs	41	stat	-	-	120	260	pos.
5.4										100	0,05	245		49	dyn	60 ¹⁾	33	120	500	
6.1		-	IV a	MP 75	1176	2,06	5,07	-	maschi- nell	47	0,17	34	Öl	43	stat	75	13	13	50	neg.
6.2										25	0,19	33		42	dyn	80	9	9	30	
6.3										100	0,05	356	Wachs	43	stat	75	13	13	50	neg.
6.4										100	0,04	459		46	dyn	80	9	9	30	
7.1	Mineralfaser- Spritzputz zementgebun- den	Mineral- faser	-	Hoeco F II/1	325 bis 340	-	-	Haftver- mittler auf Vinyl- acetat- Basis: Mowiton 300	maschi- nell	36	0,0022	55	Öl	40	stat	100	144	144	285 ²⁾	pos.
7.2										50	0,0020	60		40	dyn	100	122	122	290 ²⁾	
7.3										40	0,0020	50	Wachs	45	stat	100	144	144	285 ²⁾	pos.
7.4										45	0,0020	65		45	dyn	100	122	122	290 ²⁾	
8.1	Vermiculite- Spritzputz zementgebun- den	Vermi- culite	-	Pyrok Germany	850	-	-	Haftver- mittler auf Poly- Vinyl- acetat- Basis: Mowilith DM 1H	maschi- nell	14	0,22	14	Öl	40	stat	-	-	120	330	pos.
8.2										21	0,19	26		45	dyn	-	-	150	360	
8.3										42	0,18	24	Wachs	45	stat	-	-	120	330	pos.
8.4										20	0,22	8		45	dyn	-	-	150	360	
9.1	Vermiculite- Platten mit d = 20 mm mit Spezial- kleber ge- klebt	Vermi- culite	-	Vermi- tecta	450	-	-	-	von Hand	84	0,15	55	Öl	45	stat	-	-	150	190	pos.
9.2										36	0,10	89		40	dyn	-	-	180	250	
9.3										51	0,13	56	Wachs	40	stat	-	-	150	190	pos.
9.4										94	0,11	117		40	dyn	-	-	180	250	

1) Der Spritzbewurf und Teile des Putzes bleiben haften

2) bei T >> ETK

3) Sofern kein Putz abfiel, wurde das Prüfende bei ≥ 120 min willkürlich gewählt.

4) Putzdicke einheitlich d = 15 mm

5) Die Grenzwerte der Haftfestigkeit sind gemäß

$$\frac{H_{\min} - H}{H} \cdot 100 \text{ oder } \frac{H_{\max} - H}{H} \cdot 100 \text{ in Prozent}$$
angegeben, um den Streubereich der einzelnen
Stoffkombinationen besser vergleichen zu können

Tabelle 7: Richtwerte für die Haftfestigkeit von Putzen auf Stahlbetonplatten
Trennmittel und Vorbeanspruchung s. Tabelle 6, Spalten 13 bis 15

Spalte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zeile	Bezeichnung	Zuschlag	Mörtelgruppe DIN 18 550	Marken-Name	Haftgrund	Haftzugfestigkeit						Beurteilung der Haftfestigkeit
						Mittel N/mm ²	Richtwert N/mm ²	Verhältnis P ₀₃ O/O	Richtwert ¹⁾ P _{m3} O/O	P ₀₆ O/O	P _{m6} O/O	
1.1	Kalkzementputz	Sand	II	-	Spritzbewurf	0,10	0,10	67	77	83	100	positiv
1.2						0,10	0,10	63	<u>83</u>	77	100	
1.3						0,16	0,10	53	59	59	63	
1.4						0,10	0,10	71	<u>83</u>	83	100	
2.1	Fertigputzgips DIN 1168	Perlite	IV b	Goldband	Spritzbewurf	0,30	0,25	71	<u>81</u>	86	83	positiv
2.2						0,30	0,25	83	76	93	83	
2.3						0,14	0,15	250	71	500	107	negativ ²⁾
2.4						0,28	0,15	79	<u>45</u>	115	54	
3.1	Haftputzgips DIN 1168	Perlite	IV b	Rotband	Haftvermittler auf Celluloseäther-Basis	0,18	0,15	136	60	214	83	negativ ³⁾
3.2						0,15	0,15	88	60	167	100	
3.3						Putz abgefallen						negativ ²⁾
3.4						0,02	0,15	-	-	-	-	
4.1		Perlite	IV b	MP 75	-	0,13	0,10	71	50	111	77	positiv ⁴⁾
4.2						0,13	0,10	31	53	37	77	
4.3						0,08	0,10	53	67	83	125	
4.4						0,07	0,10	38	77	43	143	
5.1	Maschinenputzgips DIN 1168	-	IV a	MP 75	Spritzbewurf	0,31	0,25	109	69	132	81	positiv
5.2						0,35	0,25	76	64	89	71	
5.3						0,28	0,25	109	<u>86</u>	139	89	negativ ²⁾
5.4						0,05	0,25	81	<u>250</u>	104	500	
6.1		-	IV a	MP 75	-	0,17	0,15	94	75	125	88	positiv ⁴⁾
6.2						0,19	0,15	47	65	60	79	
6.3						0,05	0,10	67	<u>111</u>	125	200	negativ ²⁾
6.4						0,04	0,10	1000	<u>143</u>	1667	250	
7.1	Mineralfaser-Spritzputz zementgebunden	Mineralfaser	-	Hoeco F II/1	Haftvermittler auf Vinylacetat-Basis: Mowitron 300	0,0022	0,0015	214	<u>87</u>	214	68	positiv
7.2						0,0020	0,0015	83	58	94	75	
7.3						0,0020	0,0015	125	60	167	75	negativ ³⁾
7.4						0,0020	0,0015	94	60	115	75	
8.1	Vermiculite-Spritzputz zementgebunden	Vermiculite	-	Pyrok Germany	Haftvermittler auf Poly-Vinylacetat-Basis: Mowilith DM 1 H	0,22	0,15	71	65	79	68	positiv
8.2						0,19	0,15	48	71	65	79	
8.3						0,18	0,15	79	71	115	83	
8.4						0,22	0,15	58	63	63	68	
9.1	Vermiculite-Platten mit d = 20 mm mit Spezialkleber geklebt	Vermiculite	-	Vermitecta	-	0,15	0,10	56	<u>45</u>	83	67	positiv ⁴⁾
9.2						0,10	0,10	50	63	77	100	
9.3						0,13	0,10	59	56	77	77	
9.4						0,11	0,10	45	53	71	91	

1) Unterstrichene Werte liegen außerhalb des Beurteilungsspielraumes von 50 bis 80 %

	Beurteilung	Begründung
P _{m3} < 50 % (Richtwert zu niedrig)	positiv	höherer Richtwert möglich, aber bei Einheitlichkeit (Rundung) für einen gegebenen Putz nicht sinnvoll
	negativ	höherer Richtwert wegen Nichterfüllung von P ₀₆ nicht möglich
P _{m3} > 80 % (Richtwert zu hoch)	positiv	Anforderungen werden von P ₀₆ oder P _{m6} erfüllt
	negativ	Anforderungen auch bei sinnvoller Reduzierung der Richtwerte nicht erfüllbar

2) Schalwachs ungeeignet, bzw. nach Art und Auftragsmenge gesondert angeben

3) Wiederholungsprüfung erwünscht, daß Anforderungen von P_{m6} < P₀₆ erfüllt

4) Beurteilung positiv aufgrund der vermuteten Biegezugfestigkeit; der hier vorgeschlagene Richtwert ist wesentlich kleiner als der Minimalwert der Zugfestigkeit, vgl. Tabelle 2

Tabelle 8: Kennwerte, Prüfergebnisse und Richtwerte für Mineralfaser-Spritzputze, zementgebunden

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zeile	Marken- Name	Rob- dichte kg/m ³	Haft- grund	Träger	Trennmittel		Anstrich		Vor- bean- spru- chung	Haftfestigkeit			Richtwert N/mm ²
					Art	Menge g/m ²	Art	Dicke ⁷⁾ µm		min -0/0	Mittel N/mm ²	max +0/0	
1	Hoeco F II/1 1)	325 bis 340	Haftver- mittler auf Vinyl- acetat- Basis: Mowiton 300	Beton	Öl ²⁾	40	-	-	stat	36	0,0022	55	0,0015
2						40	-	-	dyn	50	0,0020	60	
3					Wachs ³⁾	45	-	-	stat	40	0,0020	50	0,0015
4						45	-	-	dyn	45	0,0020	65	
5				Stahl- blech d = 5 mm	-	-	E ⁴⁾	111	stat	37	0,0019	63	0,0010
6								128	dyn	4	0,0007	1	
7							EE ⁵⁾	83	stat	50	0,0022	77	0,0010
8								75	dyn	13	0,0008	38	
9				Stahl- blech d = 1,25 mm	-	-	SVz ⁶⁾	16	stat	3	0,0007	4	0,0010
10								16	dyn	35	0,0012	55	
11	Cafco D C/F	400 bis 420	Haftver- mittler auf Poly- vinyl- acetat- Basis: Mowilith DM 1H	Beton	Öl ²⁾	40	-	-	stat	64	0,022	77	0,015
12						47	-	-	dyn	37	0,010	37	
13					Wachs ³⁾	40	-	-	stat	40	0,038	29	0,015
14						45	-	-	dyn	95	0,019	68	
15				Stahl- blech d = 5 mm	-	-	E ⁴⁾	138	stat	20	0,0030	37	0,0020
16								135	dyn	28	0,0025	40	
17							EE ⁵⁾	85	stat	14	0,0028	18	0,0020
18								85	dyn	24	0,0025	12	
19				Stahl- blech d = 1,25 mm	-	-	SVz	16	stat	15	0,0008	69	0,0010
20								16	dyn	49	0,0014	57	

1) Entspricht den Angaben von Tabelle 1, Zeilen 7.1 bis 7.4

2) Relax Multi

3) Relax 6

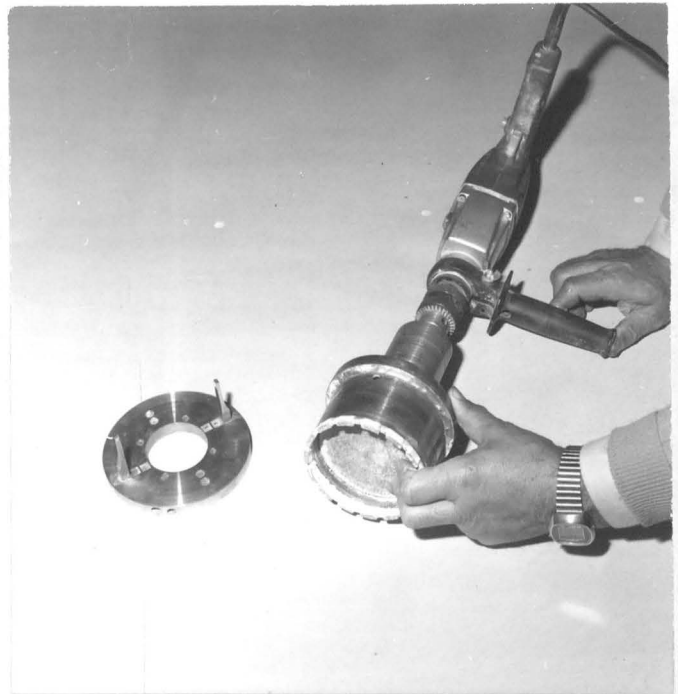
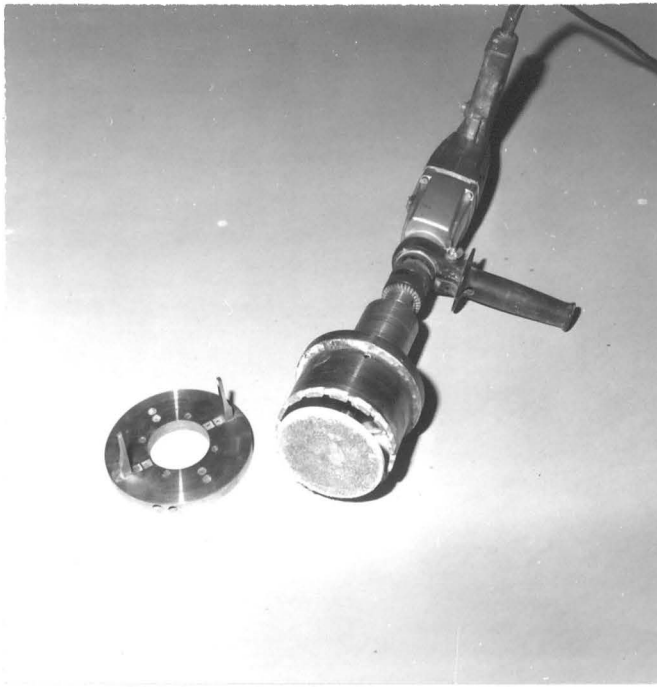
4) Zweikomponenten-Zinkchromatbeschichtung auf Epoxidharzbasis: Fertegol^R ZM

5) Einkomponenten-Korrosionsschutz-Grundbeschichtung auf Epoxidesterharzbasis: Fertegol^R Zinkstaubbeschichtung 80

6) Sendzimir-Verzinkung

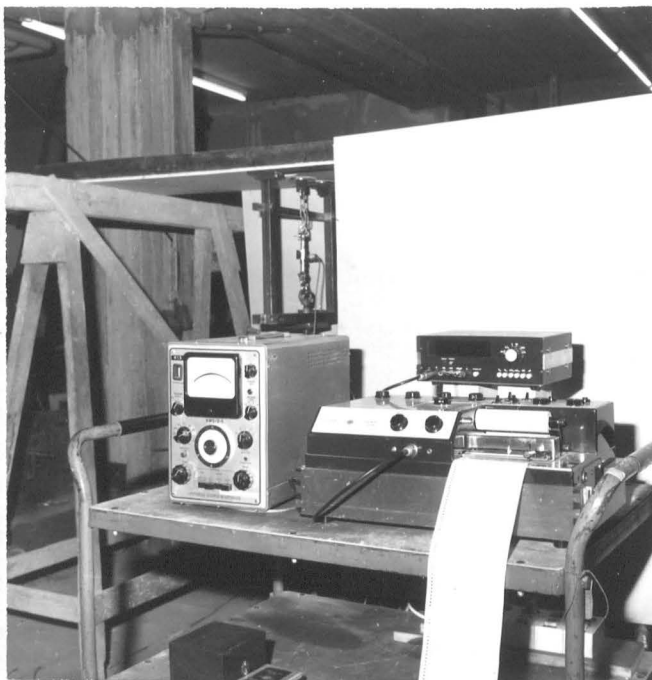
7) Mittelwert

Anmerkung: Der Mineralfaserspritzputz Cafco ist keinem Brandversuch unterworfen worden, weil der Hersteller dieses Putzes während der Bearbeitung des Forschungsvorhabens die Produktion eingestellt hat.



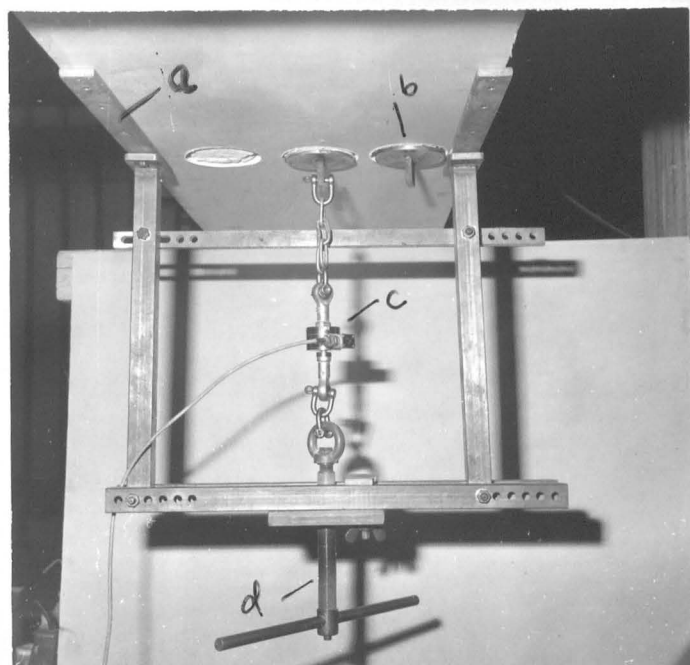
Vorrichtungen zur schonenden Probenentnahme

- Kreisausschneider mit versetzbaren Messern
- Bohrkrone mit feststehendem Anpreßsteller



Meßapparatur

- Proben-Abziehvorrichtung (im Hintergrund)
- Meßbrücke zur Bestimmung der Abziehkraft
- Schreiber zur Registrierung von Abziehkraft und -geschwindigkeit



Proben-Abziehvorrichtung

nach Anbringung der Hilfsschienen (a) zum Abziehen von 12 Proben mit 10 cm \varnothing geeignet.

- b: Abziehteller
- c: Kraftmeßdose
- d: Abziehspindel

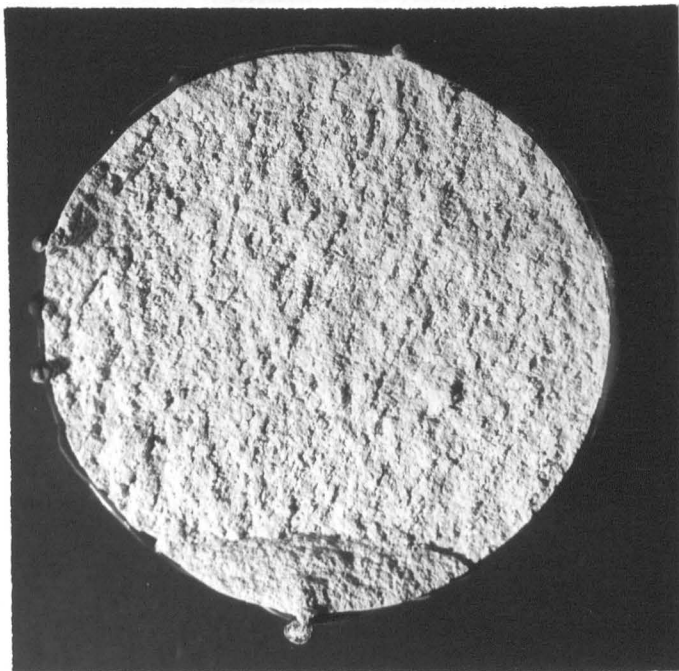
Prüfung der Haftzugfestigkeit von Brandschutzputzen



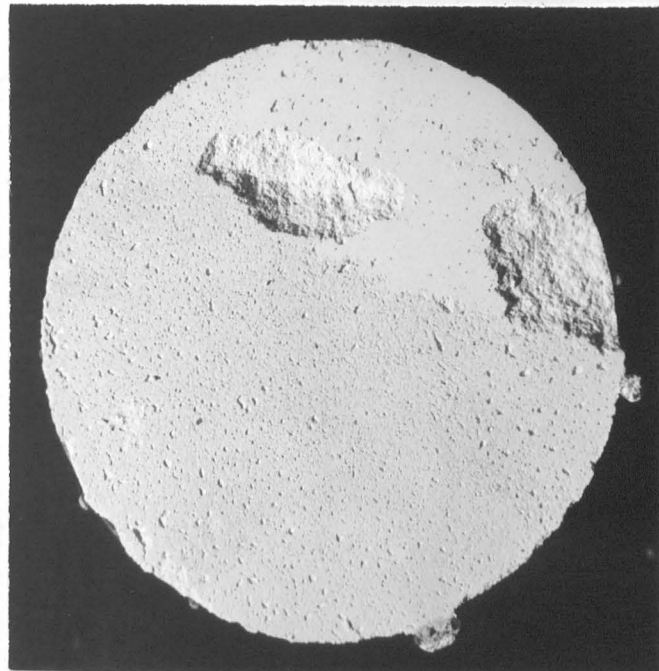
Kalkzementputz MG II
auf Spritzbewurf
- Bruchbild: TV/PP -



Maschinenputzgips MP 75
Perlite gemagert
- Bruchbild: PP -



- Bruchbild: PP -



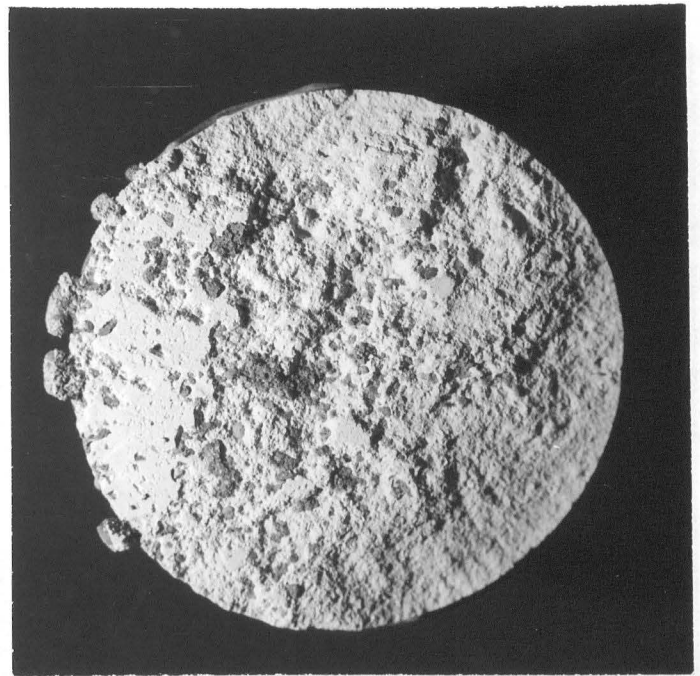
- Bruchbild: TV/VP -

Perlite-Haftputzgips Rotband

Putze auf Stahlbetonplatte ohne Trennmittel



ohne Trennmittel
- Bruchbild: VP/PP -



Trennmittel Relax Multi
- Bruchbild: TV/VP/PP -



Trennmittel Relax Multi
- Bruchbild: VP/PP -

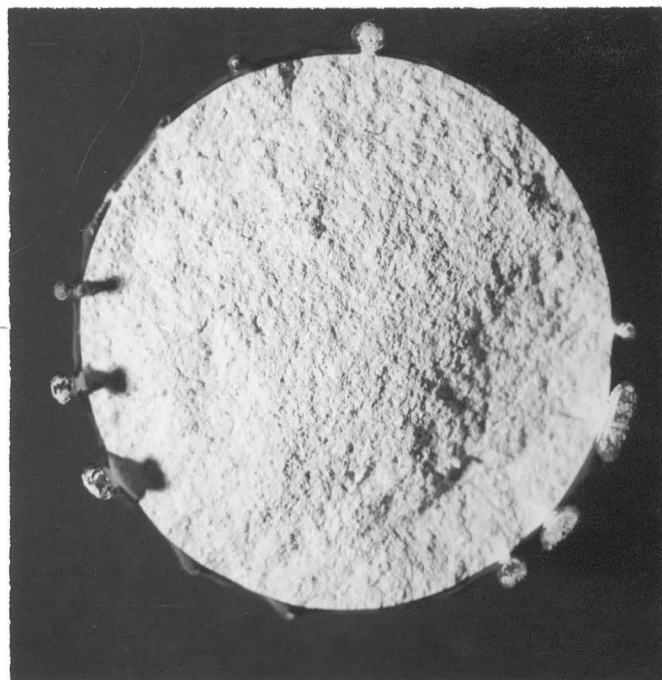


Trennmittel Relax Multi
- Bruchbild: PP -

Fertigputzgips Goldband auf Stahlbetonplatte mit Spritzbewurf



auf Stahlbetonplatte
ohne Trennmittel
- Bruchbild: TV/PP -



auf Stahlbetonplatte
Trennmittel Relax Multi
- Bruchbild: PP -



auf Stahlbetonplatte
ohne Trennmittel
- Bruchbild: TV -



auf Stahlblech
gesandstrahlt
- Bruchbild: VP/PP -

mit Spritzbewurf

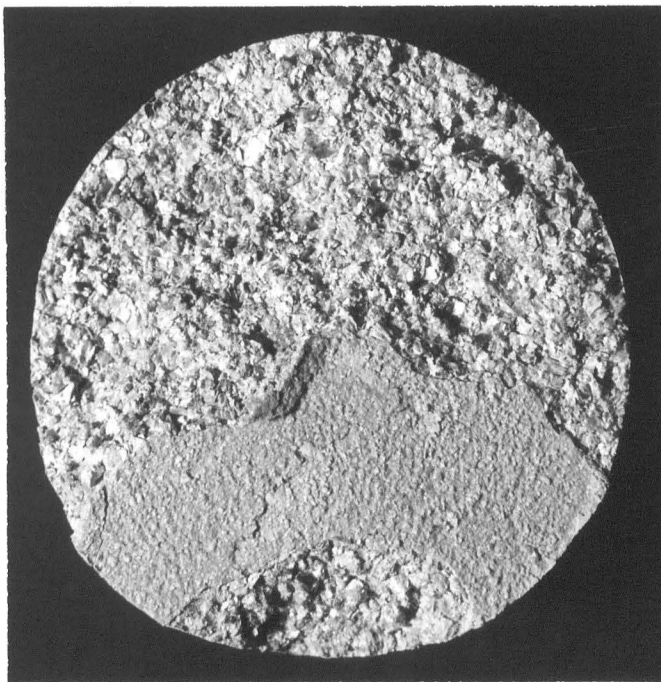
Maschinenputzgips MP 75



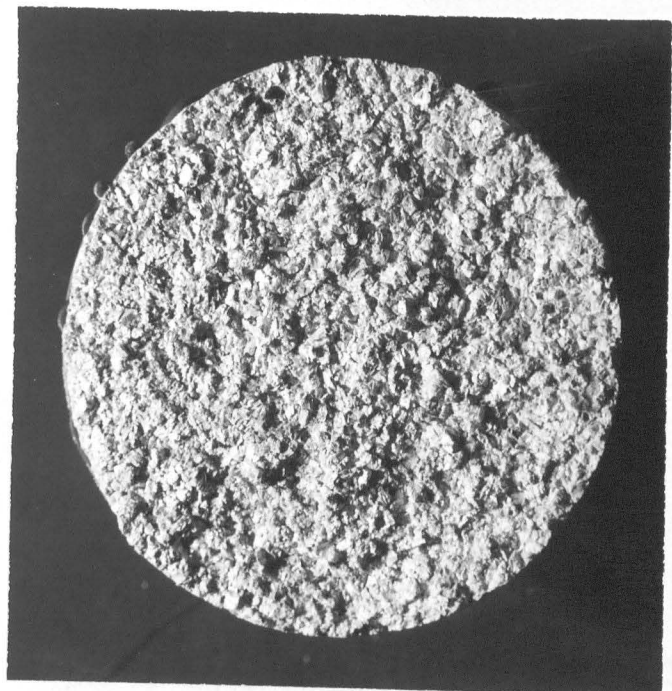
Mineralfaserspritzputz
Cafco D C/F
auf Stahlbetonplatte
Trennmittel Relax Multi
- Bruchbild: PP -



Vermiculite-Spritzputz
Pyrok-Germany
auf Stahlbetonplatte
Trennmittel Relax Multi
- Bruchbild: PP -



Vermiculiteplatten Vermitecta auf Stahlbetonplatte
ohne Trennmittel
- Bruchbild: TV/PP -



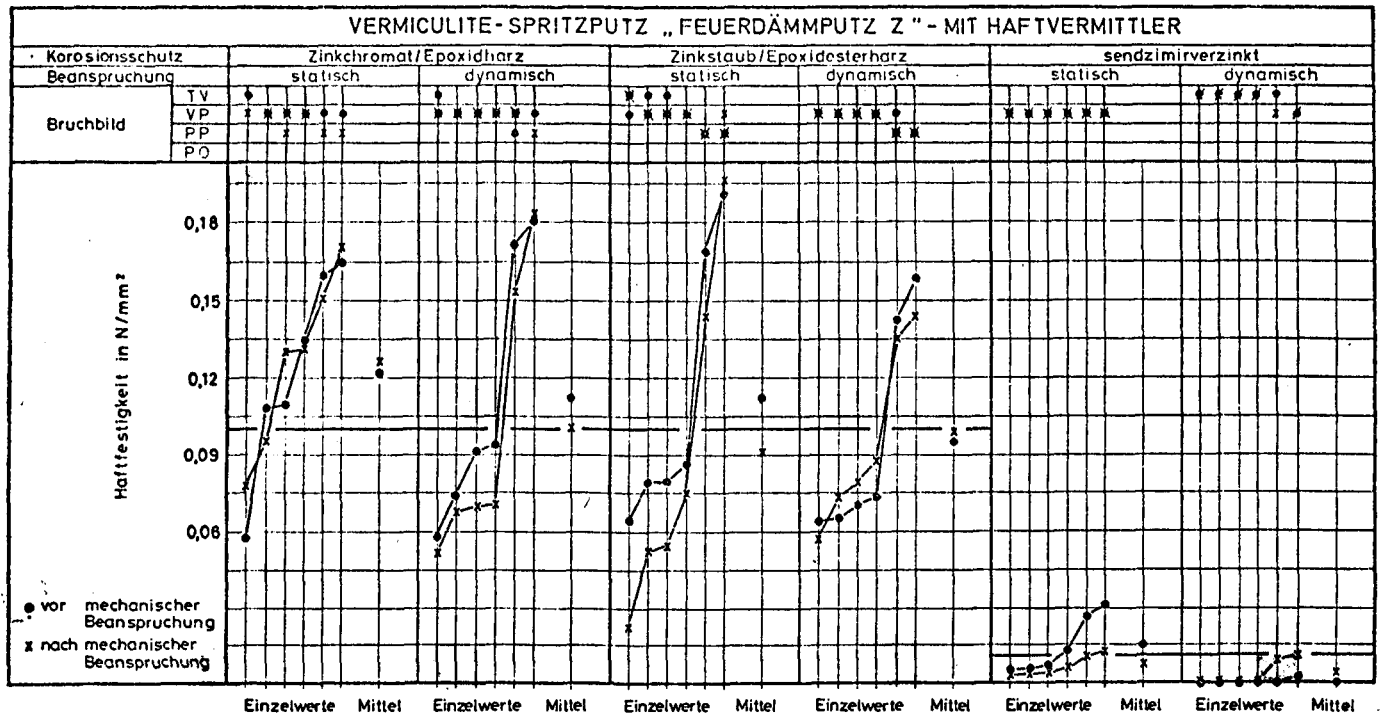
Vermiculiteplatten Vermitecta auf Stahlbetonplatte
Trennmittel Relax Multi
- Bruchbild: PP -

A n h a n g

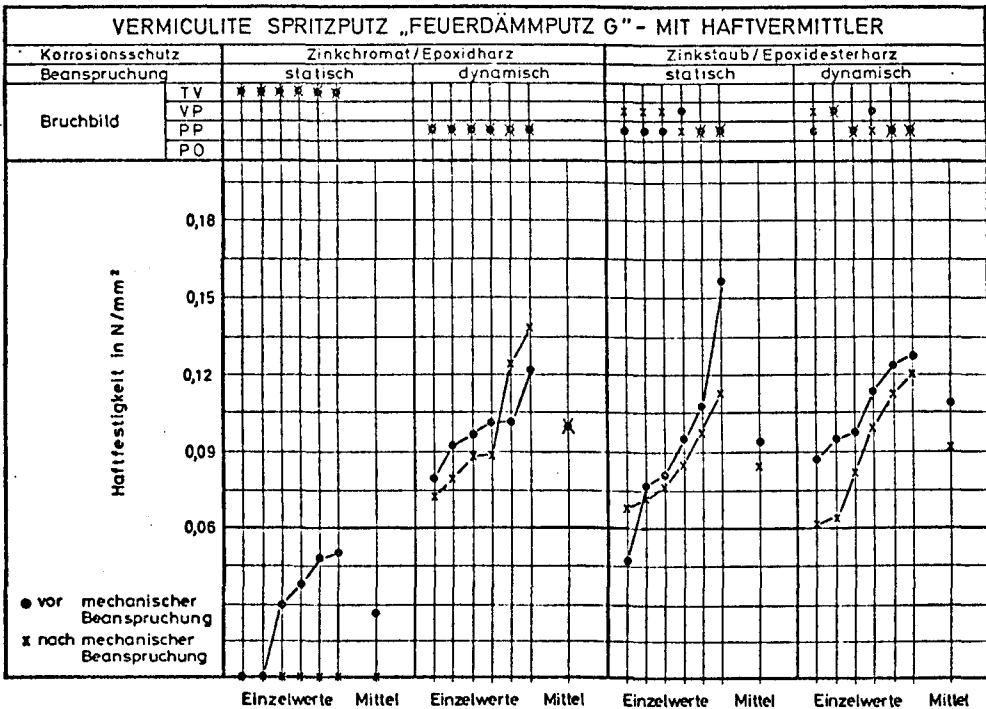
Einzelergebnisse

S1 bis S6 : Putze auf Stahlblechen

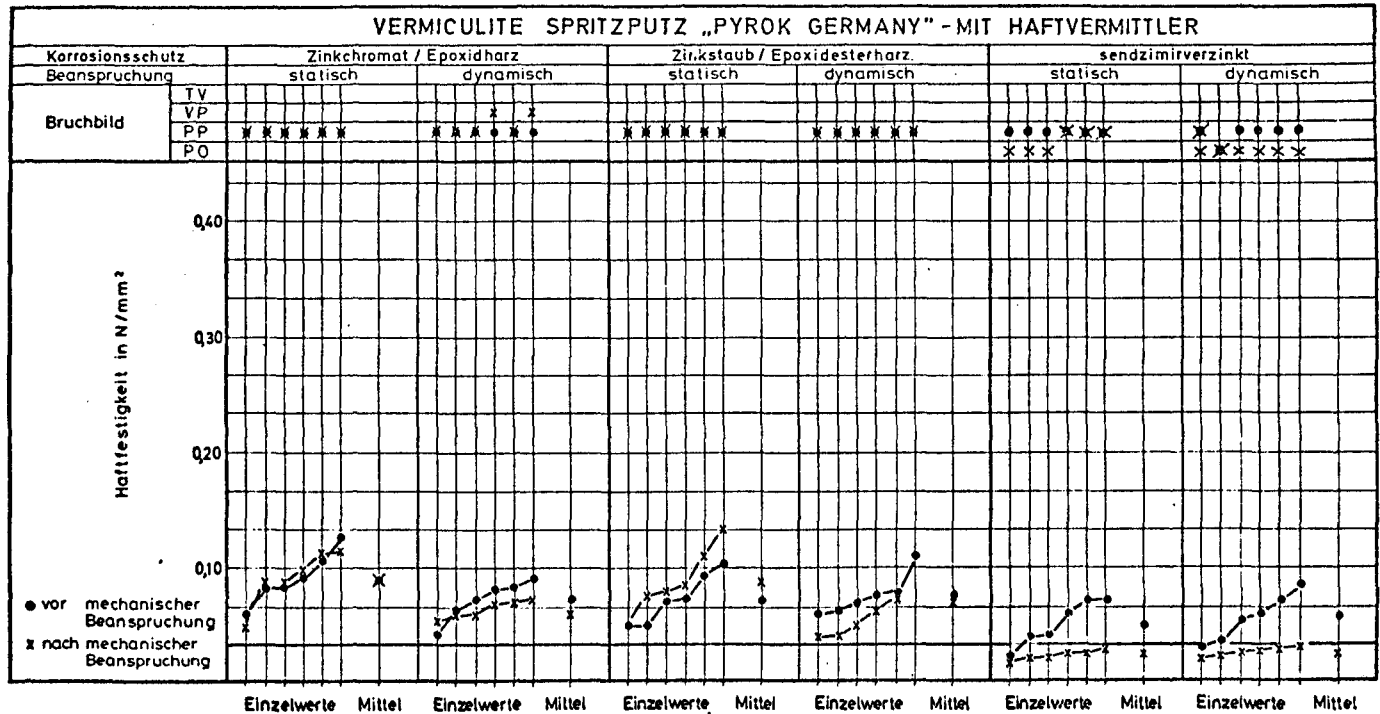
B1 bis B10: Putze auf Stahlbetonplatten



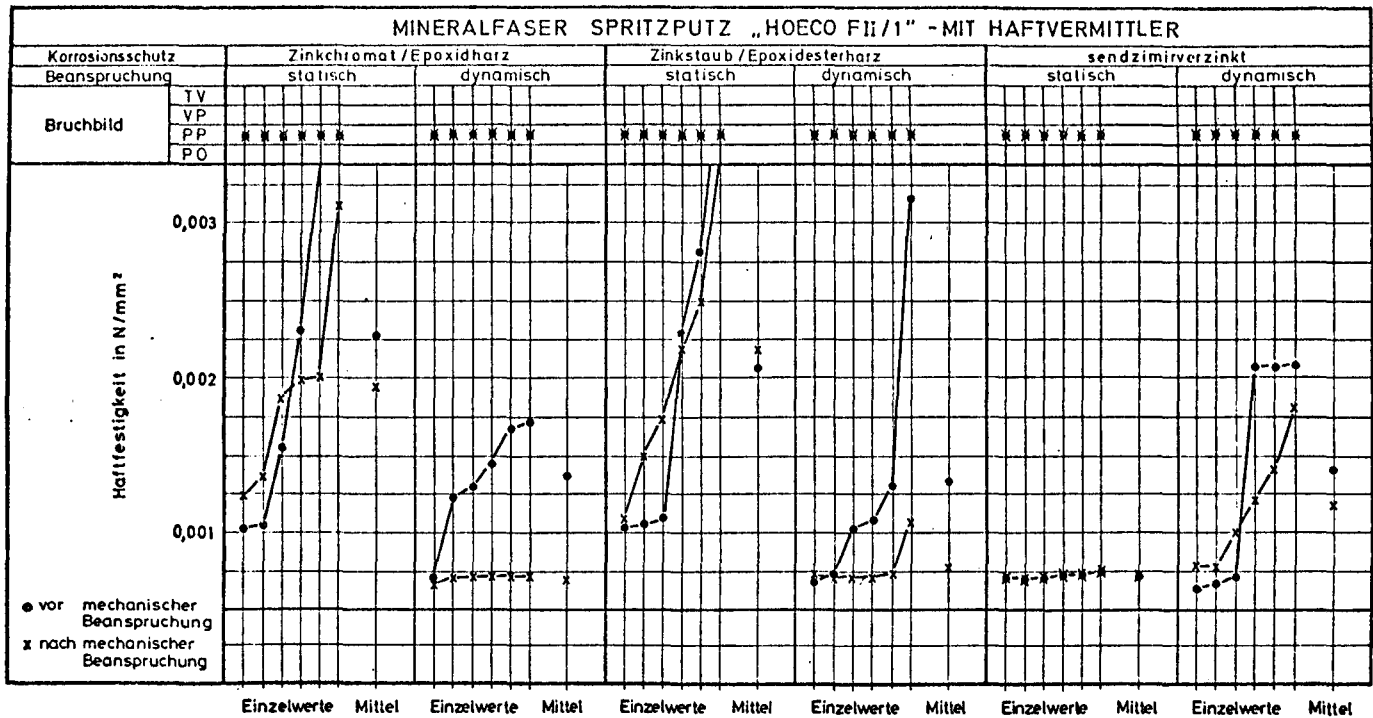
Putz / Bekleidung: Feuerdämpputz "Knauf Z" - zementgebunden										Trapezblech 40/183			
Putzträger: Stahlblech													
Korrosionsschutz		Zinkchromat/Epoxidharz				Zinkstaub/Epoxidesterharz				Sendzimirverzinkt			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,15	0,12	0,15	0,11	0,15	0,11	0,13	0,10	0,024	0,015	0,002	0,000
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-12...+8	-59...+34	-36...+22	-47...+62	-42...+28	-42...+71	-42...+28	-34...+68	-46...+33	-65...+108	-100...+183	-100...+467
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,15	0,13	0,14	0,10	0,14	0,09	0,13	0,10	0,010	0,007	0,008	0,004
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-13...+12	-40...+34	-47...+36	-48...+83	-45...+40	-76...+114	-29...+16	-40...+48	-40...+30	-56...+48	-100...+50	-100...+200
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	99	102	91	89	93	81	99	102	42	44	0	∞
	P ₂	100	107	89	85	101	88	91	94	81	86	65	51



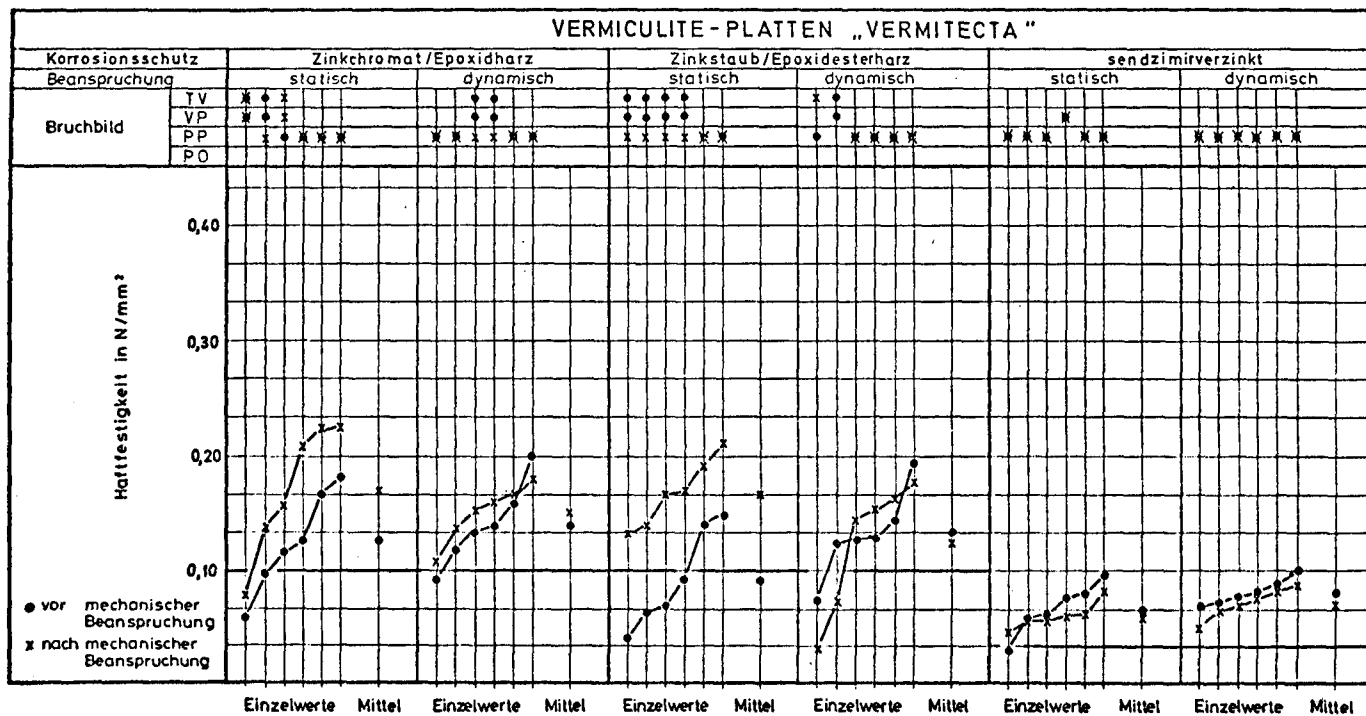
Putz / Bekleidung: Feuerdämpfputz "Knauf G" - gipsgebunden									
Putzträger: Stahlblech									
Korrosionsschutz		Zinkchromat/Epoxidharz				Zinkstaub/Epoxidesterharz			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,05	0,03	0,11	0,10	0,12	0,09	0,12	0,11
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in ‰		-17...+11	-100...+82	-7...+13	-18...+24	-20...+31	-51...+66	-7...+6	-19...+19
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,00	0,00	0,12	0,10	0,10	0,09	0,11	0,09
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in ‰		0	0	-24...+18	-28...+38	-13...+14	-20...+23	-9...+8	-32...+32
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in ‰	P ₁	0	0	109	102	82	91	92	84
	P ₂	0	0	152	159	82	85	83	90



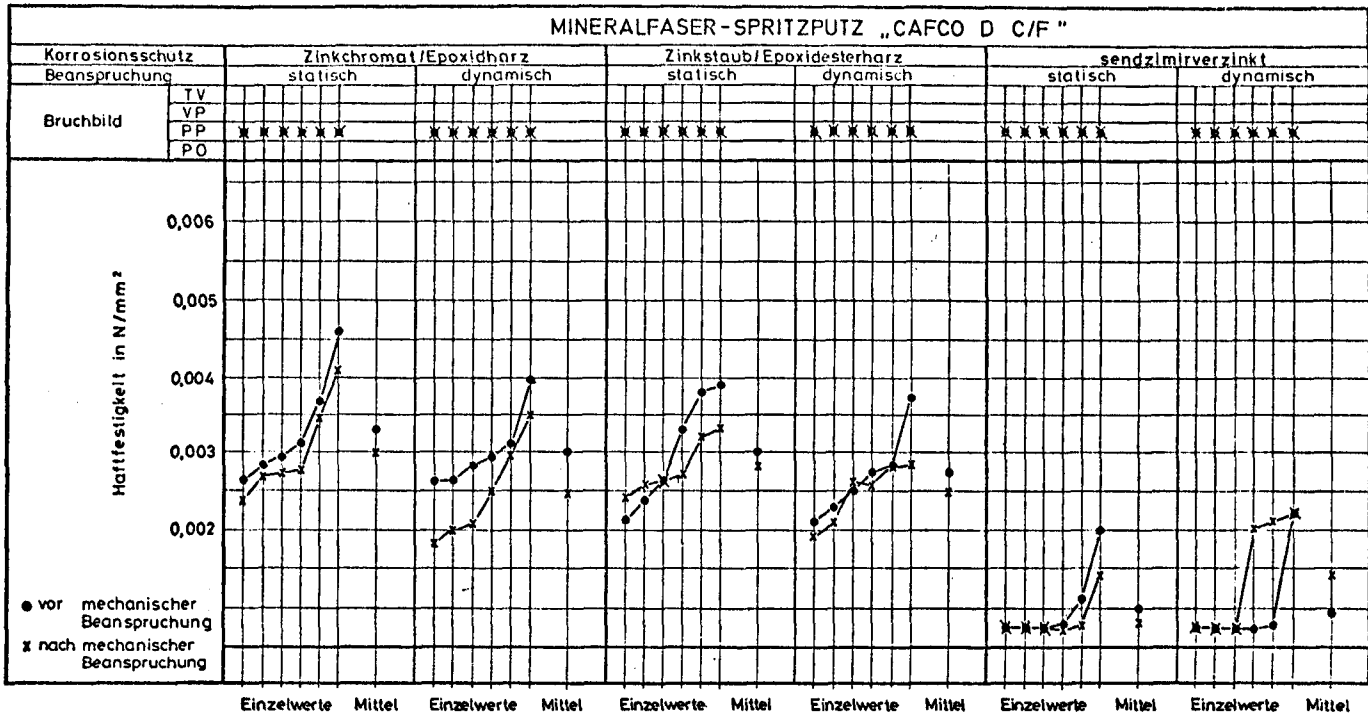
Putz / Bekleidung: Vermiculite-Spritzputz "Pyrok-Germany"										Trapezblech 40/183			
Putzträger: Stahlblech													
Korrosionsschutz		Zinkchromat/Epoxidharz				Zinkstaub/Epoxidesterharz				Sendzimirverzinkt			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,107	0,091	0,088	0,075	0,089	0,073	0,088	0,077	0,069	0,051	0,072	0,057
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-15...+18	-32...+39	-3...+5	-41...+23	-17...+9	-32...+33	-13...+23	-18...+40	-9...+4	-57...+41	-14...+8	-42...+49
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,107	0,091	0,072	0,065	0,109	0,089	0,071	0,058	0,028	0,025	0,028	0,025
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-8...+6	-46...+24	-6...+6	-17...+17	-22...+25	-44...+53	-9...+6	-31...+29	-7...+11	-24...+24	-7...+11	-20...+24
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	100	100	82	87	122	122	81	75	41	49	39	44
	P ₂	109	109	73	78	122	119	80	77	39	46	39	46



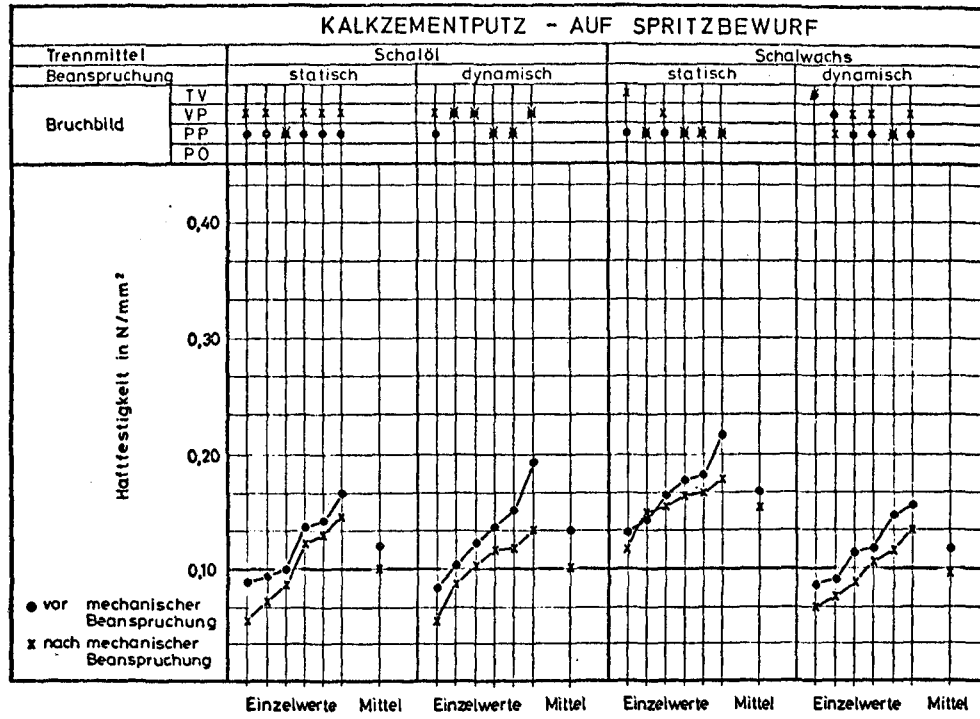
Putz / Bekleidung: Mineralfaserputzputz "Hoeco F II/1" - mit Haftvermittler										Trapezblech 40/183			
Putzträger: Stahlblech													
Korrosionsschutz		Zinkchromat/Epoxidharz				Zinkstaub/Epoxidesterharz				Sendzimirverzinkt			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,0034	0,0023	0,0016	0,0014	0,0030	0,0020	0,0019	0,0013	0,0007	0,0007	0,0021	0,0014
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-32...+27	-55...+87	-6...+6	-50...+21	-23...+37	-49...+103	-42...+68	-46...+73	±0...+1	-3...+3	±0...+1	-54...+50
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,0023	0,0019	0,0007	0,0007	0,00029	0,0022	0,0008	0,0008	0,0007	0,0007	0,0015	0,0012
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-17...+35	-37...+63	0...0	-4...+1	-24...+35	-50...+77	-14...+27	-13...+38	-1...+1	-3...+4	-20...+20	-35...+55
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	68	81	44	50	97	109	44	62	99	97	72	83
	P ₂	92	100	28	37	116	129	34	47	52	65	106	105



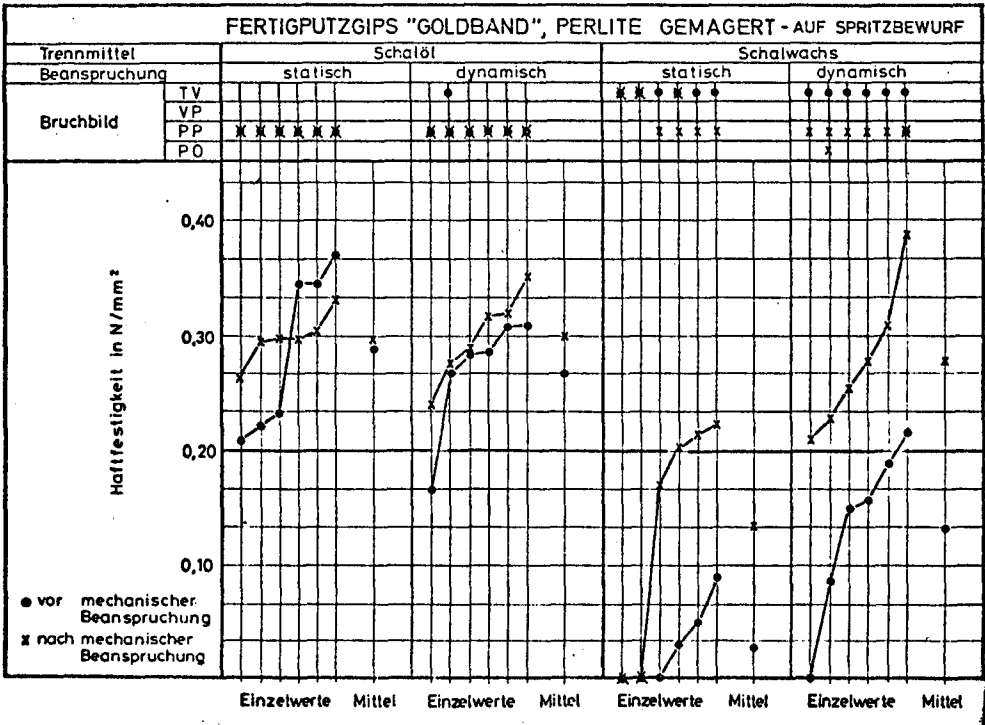
Putz / Bekleidung: Vermiculiteplatten "Vermitecta"										Trapezblech 40/183			
Putzträger: Stahlblech													
Korrosionsschutz		Zinkchromat/Epoxidharz				Zinkstaub/ Epoxidesterharz				Sendzimirverzinkt			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,16	0,13	0,17	0,14	0,13	0,09	0,16	0,13	0,083	0,066	0,089	0,081
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-21...+15	-22...+46	-17...+21	-34...+43	-27...+17	-55...+71	-17...+25	-44...+47	-8...+15	-58...+44	-9...+12	-15...+24
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,22	0,17	0,17	0,15	0,19	0,17	0,16	0,12	0,067	0,059	0,083	0,070
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-4...+12	-54...+31	-5...+7	-29...+21	-12...+11	-21...+25	-7...+8	-74...+44	-12...+24	-29...+41	-5...+4	-36...+23
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	138	138	102	107	149	192	105	92	81	89	93	86
	P ₂	136	129	104	113	135	152	115	111	78	80	96	94



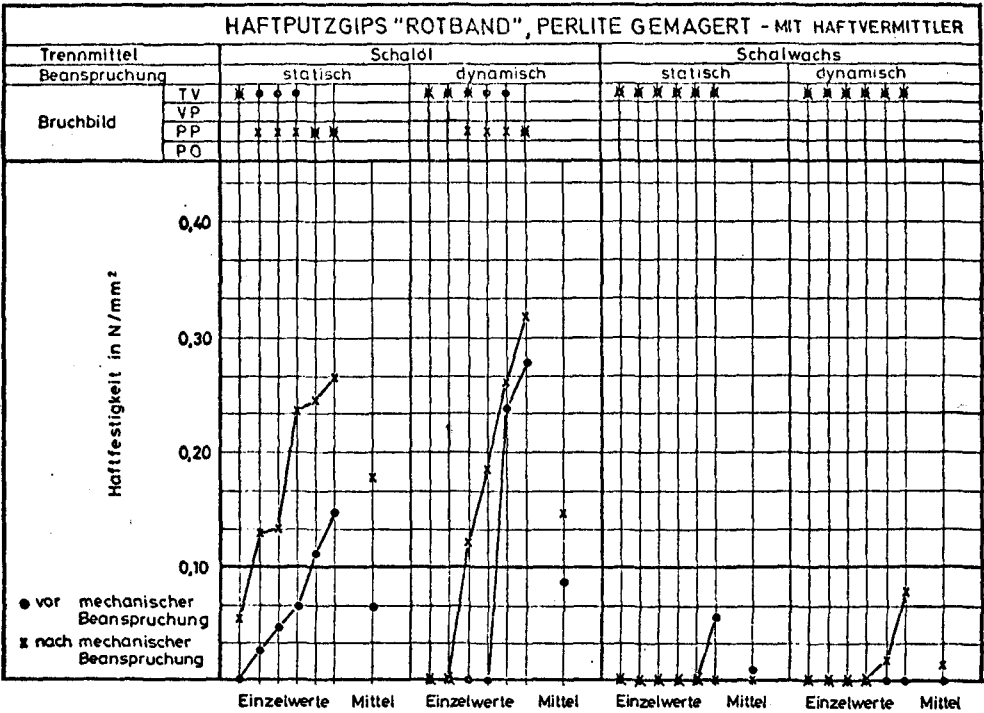
Putz / Bekleidung: Mineralfaserspritzputz "Cafco D C/F"										Trapezblech 40/183			
Putzträger: Stahlblech													
Korrosionsschutz		Zinkchromat/Epoxidharz				Zinkstaub/Epoxidesterharz				Sendzimirverzinkt			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,0038	0,0033	0,0033	0,0030	0,0037	0,0030	0,0031	0,0027	0,0013	0,0010	0,0012	0,0010
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-18...+21	-21...+39	-12...+18	-13...+33	-11...+5	-30...+30	-13...+16	-22...+37	-39...+54	-30...+100	-42...+83	-28...+12
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,0033	0,0030	0,0030	0,0025	0,0031	0,0028	0,0028	0,0025	0,0010	0,0008	0,0021	0,0014
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-18...+24	-20...+37	-17...+17	-28...+40	-13...+7	-14...+18	-4...+10	-24...+12	-25...+47	-15...+69	-5...+5	-49...+57
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	87	91	79	83	84	93	76	93	73	83	175	144
	P ₂	92	94	83	78	91	96	82	86	76	84	168	142



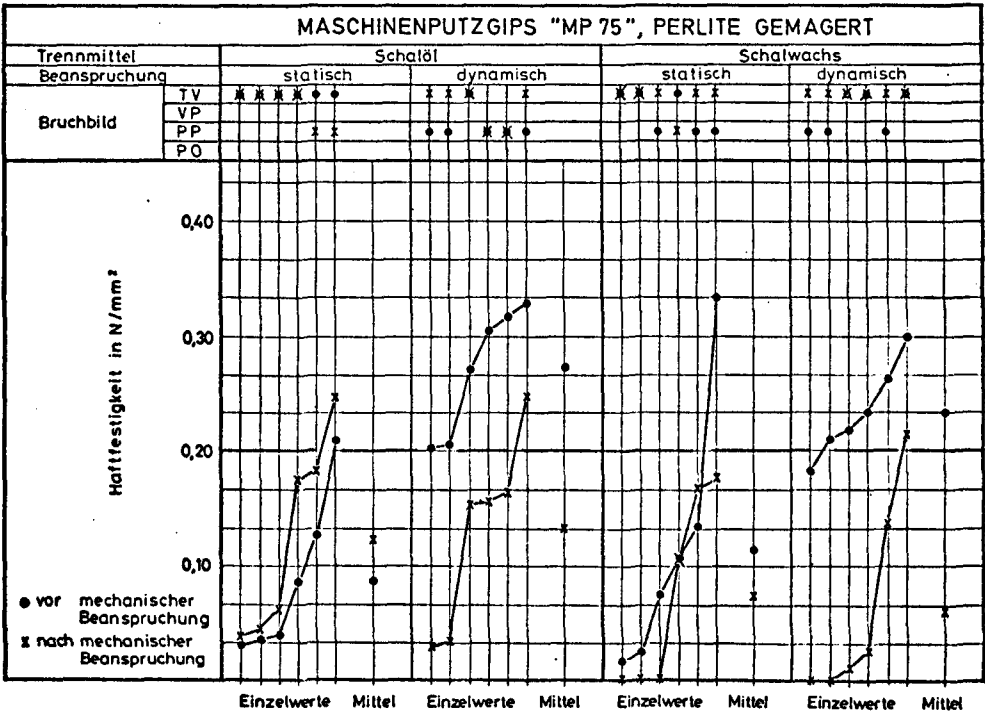
Putz / Bekleidung: Kalkzementputz - auf Spritzbewurf									
Putzträger: Beton									
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor	0,15	0,12	0,16	0,13	0,19	0,17	0,14	0,12
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %	mechanischer Beanspruchung	-9...+14	-27...+37	-14...+22	-36...+48	-7...+13	-22...+28	-17...+12	-26...+31
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach	0,13	0,10	0,12	0,10	0,17	0,16	0,12	0,10
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %	mechanischer Beanspruchung	-8...+11	-46...+44	-5...+10	-45...+32	-3...+5	-25...+16	-10...+14	-32...+38
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	89	84	76	77	89	92	85	82
	P ₂	85	80	79	80	104	108	71	67



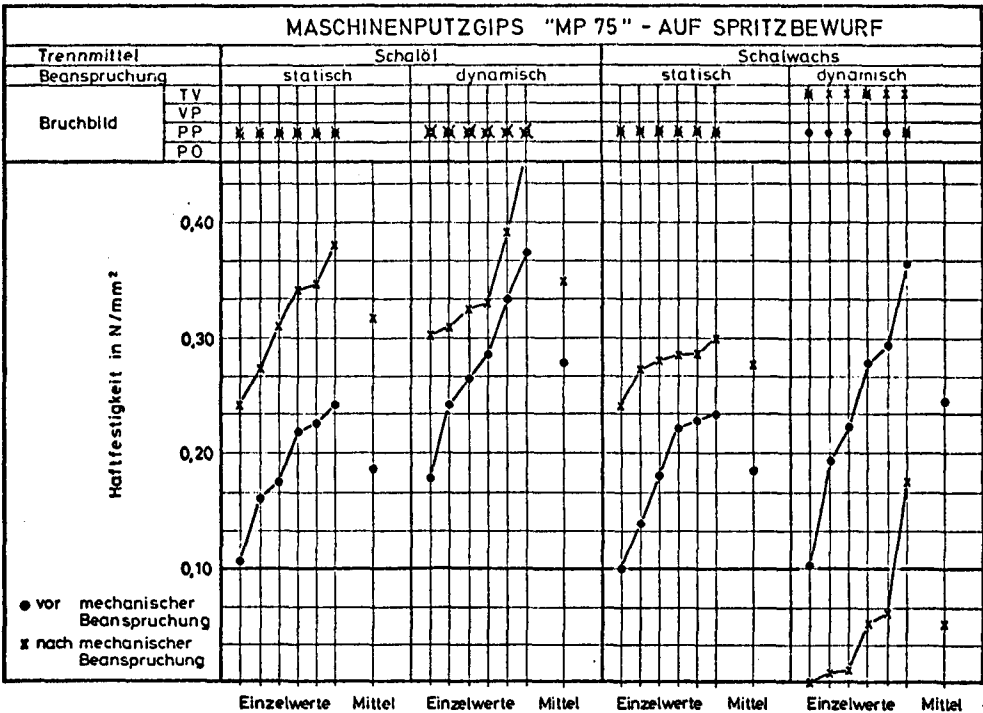
Putz / Bekleidung: Fertigputzgips "Goldband" Perlite gemagert - auf Spritzbewurf									
Putzträger: Beton									
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,35	0,29	0,30	0,27	0,06	0,03	0,19	0,13
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-2...+6	-27...+28	-5...+3	-39...+15	-48...+57	-100...+214	-39...+15	-100...+64
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,31	0,30	0,33	0,30	0,21	0,14	0,33	0,28
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-4...+7	-12...+11	-4...+7	-20...+18	-5...+4	-100...+64	-14...+19	-24...+39
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	88	104	110	111	369	476	176	213
	P ₂	95	107	101	107	175	169	267	349



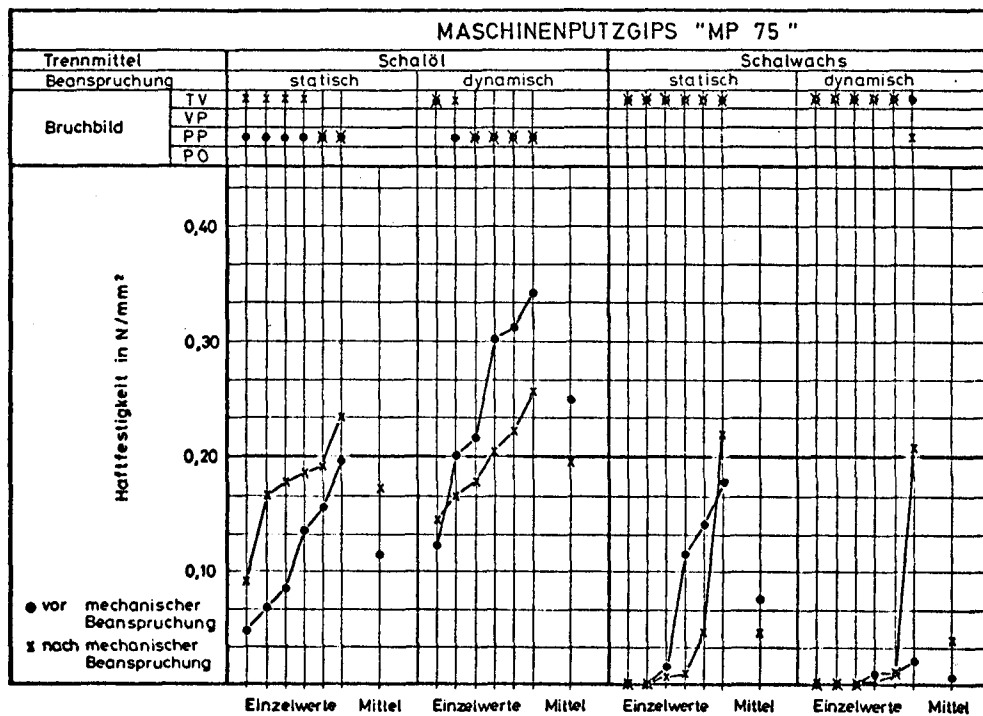
Putz / Bekleidung: Haftputzgips "Rotband", Perlite gemagert - mit Haftvermittler									
Putzträger: Beton									
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,11	0,07	0,17	0,09	0,02	0,01	0,00	0,00
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-39...+39	-100...+55	-100...+62	-100...+224	-100...+195	-100...+460	0	0
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,25	0,18	0,25	0,15	0,00	0,00	0,03	0,02
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-5...+7	-68...+49	-27...+25	-100...+116	0	0	-100...+147	-100...+393
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	228	260	148	171	0	0	∞	∞
	P ₂	176	223	180	191	0	0	300	400



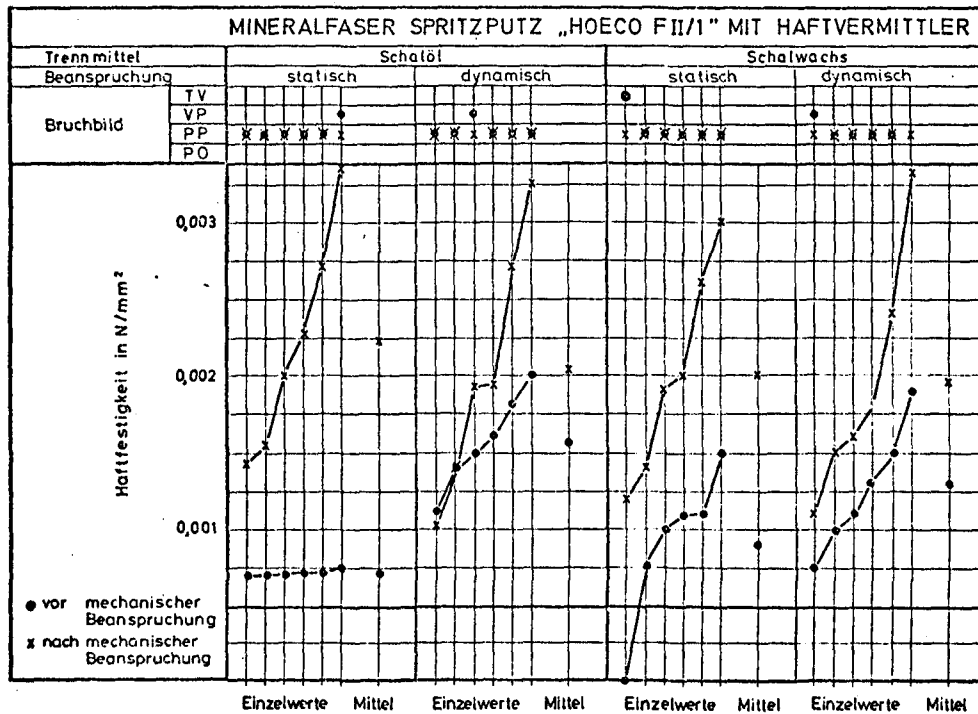
Putz / Bekleidung: Maschinenputzgips "MP 75" Perlite gemagert		Putzträger: Beton							
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,14	0,09	0,32	0,27	0,19	0,12	0,26	0,23
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-38...+48	-65...+138	-4...+4	-26...+21	-45...+74	-85...+190	-13...+13	-22...+28
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,20	0,13	0,19	0,13	0,15	0,08	0,13	0,07
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-13...+22	-68...+94	-17...+30	-76...+86	-29...+17	-100...+133	-78...+68	-100...+226
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	142	154	60	49	79	66	48	28
	P ₂	87	71	83	75	66	44	55	37



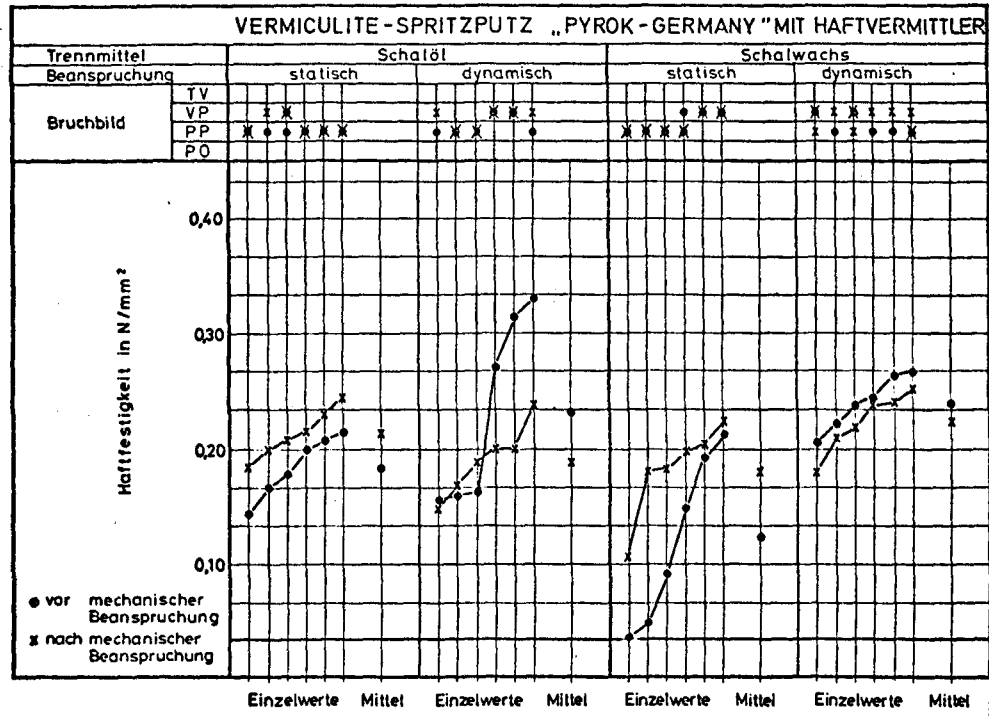
Putz / Bekleidung:		Maschinenputzgips "MP 75" - auf Spritzbewurf							
Putzträger:		Beton							
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,23	0,19	0,33	0,28	0,23	0,18	0,31	0,24
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-4...+5	-44...+28	-14...+13	-36...+36	-3...+3	-46...+27	-11...+16	-58...+49
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,36	0,31	0,39	0,35	0,29	0,28	0,10	0,05
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-4...+7	-24...+24	-15...+14	-14...+26	-2...+4	-14...+9	-46...+81	-100...+245
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %		P ₁	156	168	117	125	128	114	31
		P ₂	127	135	138	150	107	129	36



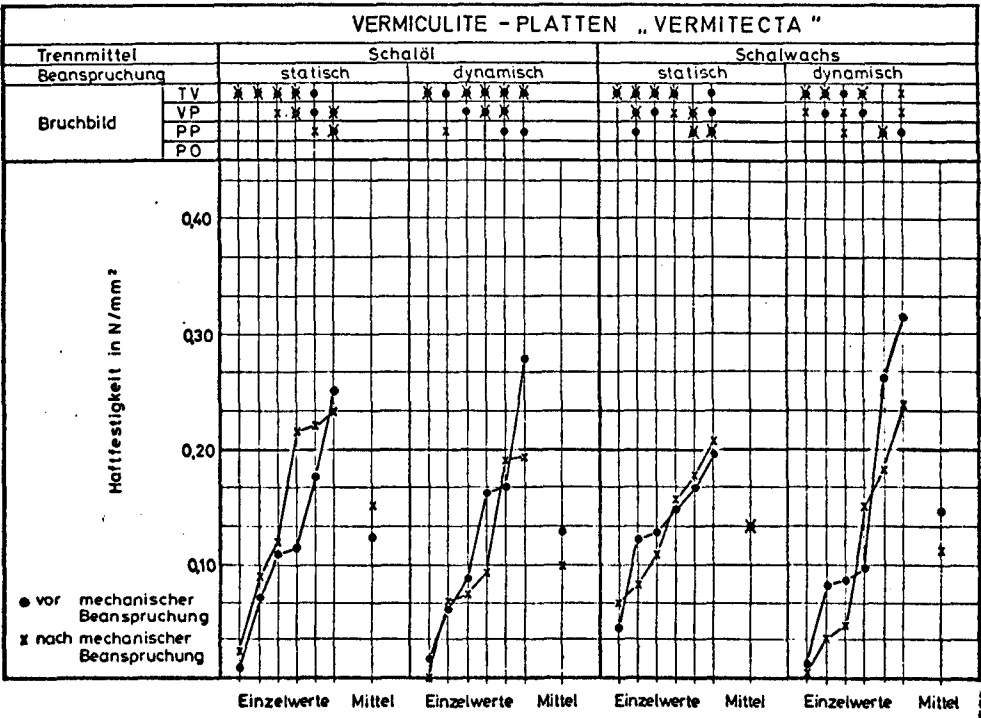
Putz / Bekleidung: Maschinenputzgips "MP 75"									
Putzträger: Beton									
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,16	0,12	0,32	0,25	0,15	0,08	0,01	0,006
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-16...+20	-50...+70	-5...+8	-50...+38	-20...+23	-100...+137	-100...+73	-100...+233
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,20	0,17	0,23	0,19	0,09	0,05	0,07	0,04
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-8...+15	-47...+34	-11...+14	-25...+33	-88...+138	-100...+356	-92...+180	-100...+459
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	124	150	71	78	63	64	673	650
	P ₂	84	95	94	107	118	119	95	92



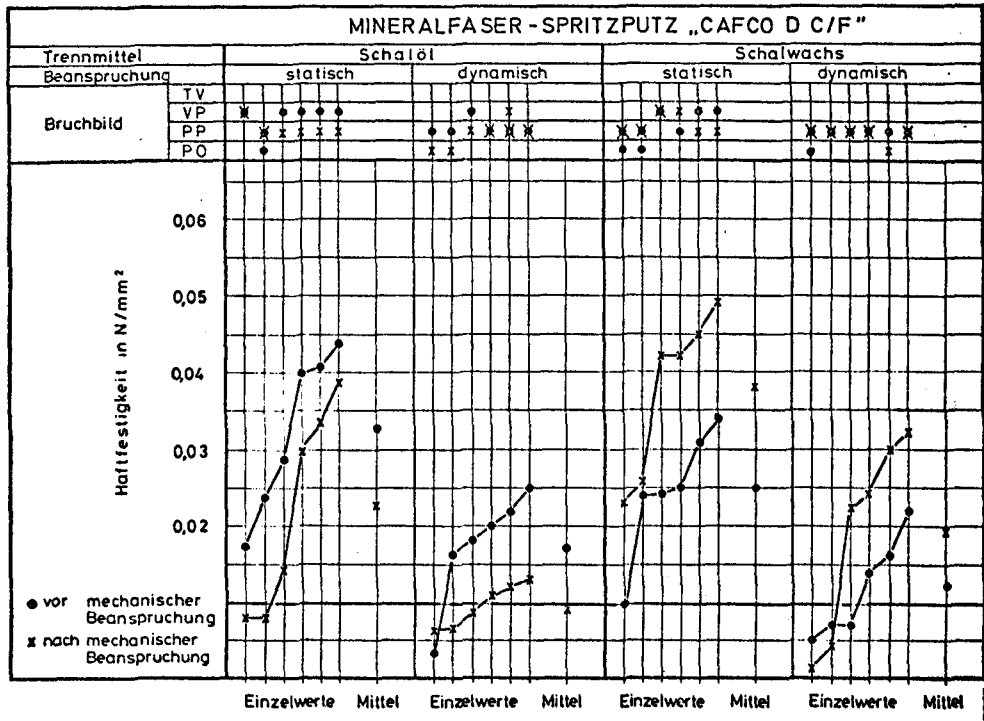
Putz / Bekleidung: Mineralfaserspritzputz "Hoeco F II/1" - mit Haftvermittler									
Putzträger: Beton									
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
Beanspruchung		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,0007	0,0007	0,0018	0,0016	0,0012	0,0009	0,0016	0,0013
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-1...+3	-4...+4	-11...+11	-31...+25	-8...+25	-100...+65	-19...+19	-39...+46
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,0028	0,0022	0,0026	0,0020	0,0025	0,0020	0,0025	0,0020
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-18...+21	-36...+55	-27...+23	-50...+60	-20...+20	-40...+50	-21...+32	-45...+65
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	378	301	144	125	208	220	156	154
	P ₂	220	183	205	167	179	180	179	180



Putz / Bekleidung: Vermiculite-Spritzputz "Pyrok - Germany" - mit Haftvermittler									
Putzträger: Beton									
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,21	0,19	0,31	0,23	0,19	0,13	0,26	0,24
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-3...+4	-24...+16	-11...+9	-34...+43	-9...+10	-74...+69	-7...+4	-14...+11
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,23	0,22	0,21	0,19	0,21	0,18	0,24	0,22
Streubereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-7...+6	-14...+14	-7...+12	-21...+26	-5...+8	-42...+24	-2...+3	-20...+8
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	112	116	69	81	108	145	94	92
	P ₂	90	103	82	90	93	99	108	121



Putz / Bekleidung: Vermiculiteplatten "Vermitecta"									
Putzträger: Beton									
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,18	0,12	0,20	0,13	0,17	0,13	0,22	0,14
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-36...+38	-93...+103	-21...+12	-83...+116	-12...+15	-69...+46	-59...+41	-93...+123
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm ²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,22	0,15	0,16	0,10	0,18	0,13	0,19	0,11
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-3...+5	-84...+55	-42...+22	-100...+89	-13...+15	-51...+56	-21...+26	-94...+117
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %		P ₁		P ₂		P ₁		P ₂	
		123	123	78	80	105	98	85	77
		116	120	83	82	91	95	96	80



Putz / Bekleidung: Mineralfaserspritzputz "Capeco D C/F"									
Putzträger: Beton									
Trennmittel		Schalöl				Schalwachs			
Beanspruchung		statisch		dynamisch		statisch		dynamisch	
		N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6	N = 3	N = 6
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme vor mechanischer Beanspruchung	0,042	0,033	0,022	0,017	0,030	0,025	0,017	0,012
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-5...+5	-49...+33	-9...+14	-82...+47	-17...+13	-60...+36	-18...+29	-58...+83
Mittelwert der Haftfestigkeit in N/mm²	Probenahme nach mechanischer Beanspruchung	0,034	0,022	0,012	0,010	0,045	0,038	0,029	0,019
Streuereich der Einzelwerte der Haftfestigkeit um den Mittelwert in %		-12...+15	-64...+77	-8...+8	-37...+37	-7...+9	-40...+29	-17...+10	-95...+68
Verhältnis der Mittelwerte der Haftfestigkeit durch die mechanische Beanspruchung in %	P ₁	81	67	55	29	150	152	171	158
	P ₂	106	88	38	38	188	200	121	100

3.00
3.06

03. MAI 1988

